

ISSN 2477-0043
E-ISSN 2460-7908

Jurnal Teknologi Terpadu

Volume 12 No. 1 Juli 2026



Published by
LPPM STT TERPADU NURUL FIKRI

Jurnal Teknologi Terpadu

Jurnal Teknologi Terpadu memuat jurnal ilmiah di bidang Ilmu Komputer, Sistem Informasi dan Teknik Informatika. Jurnal Teknologi Terpadu diterbitkan oleh LPPM STT Nurul Fikri dengan periode dua kali dalam setahun, yakni pada bulan Juli dan Desember. Jurnal Teknologi Terpadu terakreditasi nasional Sinta 4 sesuai dengan Surat Keputusan No. 10/C/C3/DT.05.00/2025 tanggal 21 Maret 2025 yang dikeluarkan oleh Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Ketua Penyunting (*Editor-in-chief*)

Drs. Rusmanto, M.M.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Anggota Penyunting (*Managing Editor*)

Yekti Wirani, S.T., M.T.I.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dewan Penyunting (*Editorial Board Member*)

Dr. Yan Riyanto, M.Eng.,
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Dr. Lukman Rosyidi, S.T., M.M., M.T.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Amalia Rahmah, S.T., M.T.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Sigit Puspito Wigati Jarot, M.Sc.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Pristi Sukmasetya, S.Komp., M.Kom.,
Universitas Muhammadiyah Magelang

Mitra Bestari (*Reviewer*)

Dr. Indra Hermawan, S.Kom., M.Kom.,
Politeknik Negeri Jakarta

Dr. Sirojul Munir, S.Si., M.Kom.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Tirsa Ninia Lina, S.Kom., M.Cs.,
Universitas Victory Sorong

Oman Somantri, S.Kom., M.Kom.,
Politeknik Negeri Cilacap

Kelik Sussolaikah, S.Kom., M.Kom.,
Universitas PGRI Madiun

Ninik Sri Lestari, S.T., M.Kom.,
STT Mandala

Matheus Supriyanto Rumetna, S.Kom., M.Cs.,
Universitas Victory Sorong

Tiffany Nabarian, S.Kom., M.T.I.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Rismayani, S.Kom., M.T.,
Universitas Dipa Makassar

Ahmad Rio Adriansyah, S.Si., M.Si.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Edy Victor Haryanto, M.Kom.,
Universitas Potensi Utama

Rahmad Hidayat, S.T., M.T.,
STT Mandala

Dr. Alusyanti Primawati, M.Kom.,
Universitas Indraprasta PGRI

Taufik Hidayat, S.Kom., M.T.,
Universitas Wiralodra

Joko Kuswanto, M.Kom.,
Universitas Baturaja

Afif Zuhri Arfianto, S.T, M.T.,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Yulianingsih, M.Kom.,
Universitas Indraprasta PGRI

Ahmad Jurnaidi Wahidin, M.Kom.,
Universitas Bina Sarana Informatika

Arnisa Stefanie, S.T., M.T.,
Universitas Singaperbangsa Karawang

Agus Junaidi, M.Kom.
Universitas Bina Sarana Informatika

Condro Kartiko, S.Kom., M.T.I.,
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Pristi Sukmasetya, S.Komp., M.Kom.,
Universitas Muhammadiyah Magelang

Dr. Rahmat Budiarsa, S.Kom.,
Universitas Esa Unggul

Dr. Deden Sumirat Hidayat, M.Kom.,
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Dhefi Intan Lukmana, S.Kom., M.Kom.,
Universitas Boyolali

Rima Alviani, S.Kom., M.Kom.,
Universitas Boyolali

Ulva Elviani, S.Kom., M.T.,
Universitas Pendidikan Indonesia

Venera Genia, S.Si, M.T.I.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Penyunting Pelaksana (*Assistant Editors*)

Nurul Janah, S.IIP, M.Hum.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Muh Syaiful Romadhon, M.Kom.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Miftahussa'adah Putri Siddiq, S.Kom.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Hilmia Zahra, S.T.,
STT Terpadu Nurul Fikri

Jurnal Teknologi Terpadu telah terindeks oleh Google Scholar, Index Copernicus International, Garuda, Neliti, dan Sinta. Tanggung jawab isi artikel berada di penulis bukan pada penerbit atau editor.

Diterbitkan oleh:

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri

Alamat Redaksi dan Distribusi:

Kampus B STT Terpadu Nurul Fikri Lantai 3

Jl. Lenteng Agung Raya 20, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12640

Telp. 021 – 786 3191 dan WhatsApp. 0851 7444 3360

Email: journal@nurulfikri.ac.id

Website: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt/> dan lppm.nurulfikri.ac.id

Daftar Isi

Penerapan CNN dengan Arsitektur EfficientNet-B4 untuk Deteksi Penyakit Glaukoma Berbasis Web	1
Rizal Rachman, Adi Karawinata Satyanegara	
Implementasi Algoritma FP-Growth untuk Optimalisasi Strategi Pemasaran di Toko Pakaian: Studi Kasus Toko Trend	9
Batara Mahardika Aryoko, Saiful Nur Budiman, Sri Lestanti	
Sistem Pemesanan Berbasis Laravel Livewire dengan WhatsApp Gateway di Perumahan Bumi Coprayan Indah Pekalongan	21
Yoga Bagas Kurniawan, Tresia Aprilia, Muhammad Khozin, M. Achsin Samas	
Perbandingan Algoritma SVM dan Decision Tree untuk Analisis Sentimen Ulasan Google Maps Wisata Guci	32
Gilang Fajar Al-Fatih, Reza Dwi Cahya Kurniawan	
Penerapan Design Thinking untuk Pengembangan Prototipe Website Komunitas Akademik Is Society UNJANI	48
Irma Santikarama, Meisya Putri Utami	
Perbandingan Mesh Wi-Fi dan Wi-Fi Konvensional dalam Meningkatkan Kualitas Layanan Jaringan Kampus	58
Cancan Firman Wilantika, Yulikuspartono	
Persepsi Penggunaan ChatGPT sebagai Alat Bantu Belajar Mata Kuliah Pemrograman di Institut Widya Pratama	66
Lisatri Makna, Victorianus Aries Siswanto, Ichwan Kurniawan	
Penerapan Strategi Hybrid On-Chain/Off-Chain dalam Penyimpanan Data Pasien Rumah Sakit pada Jaringan Blockchain	77
Salman El Farisi, Yaasir Aidil Fitrah, Fatiah Al Zahra, Akhmam Fahmi	
Rancang Bangun Aplikasi Web Kalkulator Kalori Berbasis Dataset USDA untuk Pemantauan Nutrisi Harian	84
Ni Putu Dita Ariani Sukma Dewi, Jiyestha Aji Dharma Aryasa, Sulin Monica Putri	
Keamanan Data dengan Algoritma AES 128-Bit dan Bcrypt di PT. Anugrah Lancar Sukses	93
Rohadi Dwi Junianto, Yuni Wibawanti, Muhammad Akrom	
Augmented Reality Pengenalan Peralatan Tradisional Bali pada Museum Subak Mascetti Berbasis Android	104
I Gusti Ayu Agung Mas Aristamy, Putu Risanti Iswardani, Ni Ketut Utami Nilawati	
Systematic Literature Review: Arsitektur, Mekanisme Teknis, dan Metrik Kinerja pada Penerapan Blockchain di Sektor Kesehatan	112
Shesyl Yulia Noor Diwani, Cindy Jumaida, Daud Sihar Surung Putra Anugerah Daeli, Natalis Pardamean Situmorang, Anelka Winata Perangin - Angin, Yohana Angeliana Sianturi, Muhammad Abdilllah Helmi Rasyid, Sudarto	

Analisis <i>Usability</i> Sistem <i>E-Voting</i> Pemilihan Ketua dan Wakil Ketua OSIS dengan Metode <i>Think Aloud</i>	120
Fajar Husain Asy'ari, Ellen Proborini, Sholihul Ibad	
Analisis dan Evaluasi Desain UI/UX <i>Website</i> Taekwondo Valentino Club Menggunakan Pendekatan <i>Design Thinking</i>	127
Daniati Uki Eka Saputri, Taopik Hidayat, Nurul Khasanah, Faruq Aziz	
Klasifikasi Buah Kelapa Sawit dengan <i>Convolutional Neural Network</i> Arsitektur Inception-v4	137
Theresia Kurniati Seran, Septyan Eka Prastya, Muhammad Zulfadhilah, Rudy Ansari	
Pengembangan Sistem Deteksi Media Buatan AI Menggunakan Arsitektur CNN ResNet-50	143
Guruh Pratama Putra, Adam Sekti Aji	
Audit Kredit Digital Berbasis <i>Explainable Artificial Intelligence</i> (XAI): Tinjauan Pustaka Sistematis	156
Muhammad Arief Sutisna, Imam Riadi, Abdul Fadlil	
Evaluasi <i>Usability</i> Sistem Reservasi Ruang Kelas dan Laboratorium Berbasis Web dengan Pendekatan <i>System Usability Scale</i>	166
Insyirah Hulul Aini, Yang Agita Rindri, M. Syafrizal Zain	
Pengembangan Modul Kerja Praktik dan Disposisi Berbasis Web pada PT Pertamina Geothermal Energy	174
Vina Septia Anggraeni, Yopi Nugraha	
Penerapan Aplikasi Manten-ku untuk Optimalisasi Layanan pada Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara	186
Ferry Febrianto, Khalimaturofi'ah	



PENERAPAN CNN DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNET-B4 UNTUK DETEKSI PENYAKIT GLAUKOMA BERBASIS WEB

Rizal Rachman¹, Adi Karawinata Satyanegara²

¹ Sistem Informasi, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

² Teknik Informatika, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

Kiaracandong, Jawa Barat, Indonesia 40282

rizalrachman@ars.ac.id, adi.karawinata.s@gmail.com

Abstract

Glaucoma is a leading cause of irreversible blindness and frequently goes undetected in its early stages due to its slow and silent progression. Many individuals remain unaware of the disease until significant optic nerve damage has occurred. Early screening is limited by low public awareness, insufficient access to eye-care facilities, and the need for specialists to interpret retinal images. Automated detection is further complicated by inconsistent image quality, illumination variations, and the subtle differences between healthy and glaucomatous retinas. This study develops a web-based early detection system using the EfficientNet-B4 Convolutional Neural Network. A total of 9,540 retinal images from the EyePACS dataset were utilised, including 8,000 for training, 770 for validation, and 770 for testing. Classification was performed using two expert-annotated categories: normal and glaucomatous. The model was trained for 30 epochs through transfer learning and fine-tuning to achieve stable performance. The results show validation accuracy between 90% and 92%, with well-converging loss. The final model was integrated into an interactive web platform that allows users to upload retinal images and receive preliminary predictions accompanied by basic glaucoma information. This system offers potential as an accessible tool for early community-level screening.

Keywords: Convolutional Neural Network, Deep Learning, EfficientNet-B4, Glaucoma Detection, Retinal Fundus

Abstrak

Glaukoma menjadi salah satu penyebab kebutaan yang sering tidak terdeteksi pada tahap awal karena gejalanya berkembang perlahan dan tidak menimbulkan rasa nyeri. Banyak kasus baru diketahui setelah kerusakan saraf optik sudah berat. Pemeriksaan rutin masih rendah di masyarakat karena keterbatasan fasilitas, minimnya kesadaran, serta kebutuhan tenaga ahli untuk membaca citra retina. Proses identifikasi juga cukup menantang karena variasi kualitas citra, perbedaan kondisi pencahayaan, dan kemiripan visual antara mata normal dan glaukoma. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi dini glaukoma berbasis web dengan model *Convolutional Neural Network EfficientNet-B4*. Dataset EyePACS digunakan sebagai sumber citra retina dengan total 9.540 citra, terdiri dari 8.000 data latih, 770 data validasi, dan 770 data uji. Kriteria klasifikasi mencakup dua kategori, yakni mata normal dan glaukoma berdasarkan anotasi ahli pada *dataset*. Pelatihan dilakukan selama 30 *epoch* menggunakan strategi *transfer learning* dan *fine-tuning* untuk memperoleh stabilitas performa. Hasil evaluasi menunjukkan akurasi validasi berada pada kisaran 90–92% dengan nilai *loss* yang stabil. Model kemudian diintegrasikan ke sistem web yang memungkinkan pengguna mengunggah citra retina dan memperoleh prediksi awal beserta informasi dasar mengenai glaukoma. Sistem ini berpotensi meningkatkan skrining awal yang mudah dijangkau masyarakat.

Kata kunci: Convolutional Neural Network, Deep Learning, Deteksi Glaukoma, EfficientNet-B4, Fundus Retina

1. PENDAHULUAN

Glaukoma merupakan salah satu penyakit mata kronis yang ditandai oleh kerusakan progresif pada saraf optik dan peningkatan tekanan intraokular, yang apabila tidak terdeteksi serta ditangani sejak dini dapat menyebabkan kebutaan permanen [1], [2], [3]. Pemeriksaan glaukoma secara konvensional umumnya memerlukan kunjungan ke

klitik mata atau rumah sakit dengan peralatan diagnostik khusus, seperti tonometer dan pemeriksaan fundus [4]. Kondisi ini menjadi tantangan bagi masyarakat di wilayah terpencil dengan keterbatasan akses layanan kesehatan, sehingga diperlukan sistem skrining dini yang praktis, efektif, dan mudah diakses, misalnya melalui platform berbasis web [5].

Seiring pesatnya kemajuan metode *image processing* dan *machine learning*, pendekatan berbasis citra retina mulai diperkenalkan sebagai alat diagnosis alternatif [6]. *Convolutional Neural Network* (CNN) telah terbukti efektif untuk klasifikasi citra medis, seperti deteksi *diabetic retinopathy* dan glaukoma, dengan hasil akurasi yang tinggi dalam berbagai studi [7], [8], [9].

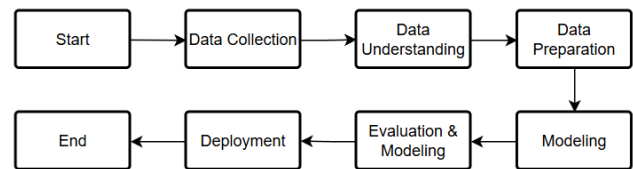
Keunggulan CNN terletak pada kemampuannya mengekstraksi fitur kompleks dari citra tanpa memerlukan pra-pemrosesan manual yang berlebihan [10], [11]. Dalam penelitian ini, digunakan arsitektur *EfficientNet-B4* sebagai model CNN utama untuk mendeteksi glaukoma berdasarkan citra retina. *EfficientNet-B4* dipilih karena mampu mencapai keseimbangan optimal antara akurasi dan efisiensi komputasi melalui teknik *compound scaling*, yang secara simultan menyesuaikan kedalaman, lebar, dan resolusi jaringan [12], [13], [14]. Model ini kemudian di-*fine-tune* menggunakan *dataset* citra retina glaukoma untuk meningkatkan kemampuan generalisasi terhadap variasi kondisi nyata [15].

Meskipun CNN telah banyak digunakan dalam klasifikasi citra medis, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada tahap pengembangan model tanpa mengintegrasikannya ke dalam sistem berbasis web yang dapat diakses langsung oleh pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem skrining dini glaukoma berbasis web yang memanfaatkan CNN *EfficientNet-B4* untuk analisis citra retina secara otomatis [16].

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem konseling mata berbasis web yang memungkinkan pengguna melakukan *self-screening* dengan mengunggah foto retina untuk dianalisis menggunakan model CNN. Sistem ini diharapkan mampu memberikan estimasi probabilistik mengenai kemungkinan penyakit glaukoma secara non-invasif, cepat, dan mudah diakses, sehingga dapat membantu mempersempit kebutuhan pemeriksaan langsung di fasilitas kesehatan. Batasan penelitian mencakup penggunaan model CNN yang dilatih pada *dataset* citra retina terbatas, serta evaluasi performa yang difokuskan pada akurasi model dan efektivitas interaksi pengguna.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif dengan pendekatan *experimental research* karena bertujuan menguji efektivitas kombinasi metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengklasifikasikan penyakit glaukoma berbasis aplikasi web. CNN digunakan untuk ekstraksi fitur dari citra retina yang diunggah oleh pengguna. Penelitian dilakukan secara *cross-sectional* dengan pengumpulan data pada satu periode waktu tertentu.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

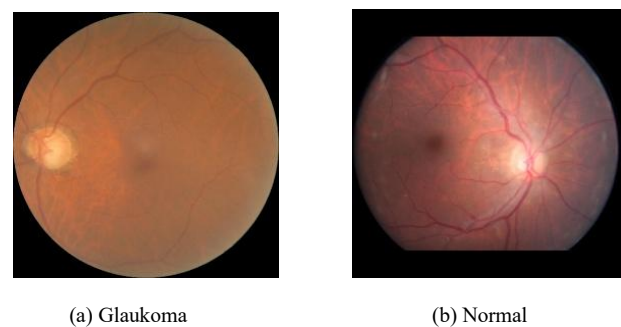
Alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, yang menggambarkan proses penelitian mulai dari pengumpulan data, pemahaman dan persiapan data, hingga tahap pemodelan, evaluasi, dan penerapan (*deployment*). Setiap tahap memiliki keterkaitan yang sistematis untuk memastikan proses pengembangan sistem berlangsung terarah dan konsisten. Sebelum memasuki tahapan utama tersebut, penelitian diawali dengan kajian literatur terhadap berbagai studi relevan untuk membangun landasan teoretis dan metodologis yang kuat.

2.1 Data Collection

Tahapan ini mencakup proses pengumpulan data yang menjadi dasar penelitian, yaitu citra retina. Seluruh citra retina diperoleh dari *dataset* EyePACS, yang banyak digunakan dalam penelitian oftalmologi berbasis *deep learning* karena memiliki variasi citra yang luas dan telah teranotasi dengan baik.

2.2 Data Understanding

Pada tahap ini dilakukan analisis menyeluruh terhadap karakteristik dan kualitas data yang digunakan dalam penelitian deteksi glaukoma. Data citra retina diperoleh dari *dataset* EyePACS, yang terdiri atas 9.540 citra, mencakup 8.000 citra untuk data latih (*training set*), 770 citra untuk data validasi (*validation set*), dan 770 citra untuk data uji (*testing set*). Analisis statistik awal dilakukan untuk menilai distribusi label antara kelas normal dan glaukoma, serta mengidentifikasi potensi ketidakseimbangan kelas (*class imbalance*) yang dapat memengaruhi performa model. Pemeriksaan visual terhadap citra dilakukan untuk memastikan kualitas gambar, meliputi aspek pencahayaan, fokus, kejernihan struktur retina, serta keberadaan artefak yang dapat mengganggu proses pelatihan.



Gambar 2. Visualisasi Perbandingan Citra Retina (a) Glaukoma dan (b) Normal

Gambar 2 menampilkan contoh visual dari dua kelas utama pada *dataset*, yaitu (a) citra retina penderita glaukoma dan (b) citra retina normal. Pada citra glaukoma tampak pelebaran disk optik dengan batas tepi saraf yang kurang jelas, disertai perbedaan warna yang lebih pucat di area pusat. Sebaliknya, citra retina normal memperlihatkan struktur yang lebih simetris dengan batas disk optik yang tegas serta distribusi pembuluh darah yang teratur. Perbandingan ini menggambarkan perbedaan morfologis yang menjadi dasar bagi model dalam mengenali pola visual khas glaukoma.

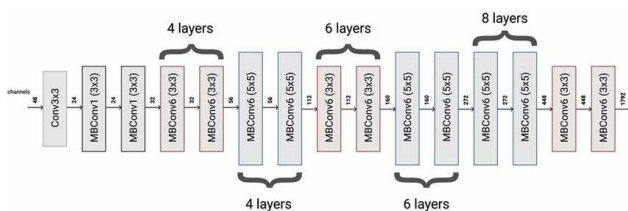
Tahap pemahaman data ini bertujuan memastikan bahwa *dataset* yang digunakan layak dan representatif, sehingga model yang dibangun dapat menghasilkan prediksi glaukoma dengan validitas dan kemampuan generalisasi yang baik.

2.3 Data Preparation

Tahap ini bertujuan mempersiapkan data agar siap digunakan dalam proses pelatihan model. Untuk citra retina dari EyePACS, dilakukan serangkaian *preprocessing* meliputi *resizing* ke resolusi yang sesuai dengan arsitektur *EfficientNet-B4*, normalisasi piksel, peningkatan kontras, serta augmentasi data seperti rotasi dan *flip* guna memperkaya variasi citra. Proses ini membantu model mengenali pola yang lebih *robust* terhadap kondisi pencahayaan dan orientasi yang berbeda. Pembagian *dataset* menjadi *training*, *validation*, dan *testing set* dilakukan secara proporsional untuk menjaga keseimbangan label antar kelompok data.

2.4 Modeling

Tahapan ini merupakan inti dari penelitian, yaitu pengembangan model utama yakni *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis arsitektur *EfficientNet-B4*, yang dipilih karena efisiensinya dalam menyeimbangkan kedalaman, lebar dan resolusi jaringan sehingga mampu mengekstraksi fitur visual kompleks pada citra retina dengan performa tinggi dan parameter yang relatif ringan.



Gambar 3. Model Arsitektur *EfficientNet-B4*

Gambar 3 menampilkan struktur arsitektur *EfficientNet-B4*, yang tersusun atas beberapa blok *MBConv* dengan variasi ukuran kernel dan jumlah lapisan berbeda. Setiap blok bertugas mengekstraksi representasi visual secara bertahap, dari fitur dasar hingga fitur tingkat tinggi. Peningkatan jumlah lapisan pada setiap tahap jaringan memungkinkan model menangkap pola spasial yang semakin kompleks,

yang penting untuk membedakan karakteristik morfologis antara retina normal dan retina yang mengalami glaukoma.

2.5 Evaluation dan Modeling

Tahapan evaluasi dilakukan untuk mengukur performa model yang dikembangkan dan memastikan konsistensinya dalam mendeteksi penyakit glaukoma. Pengujian dilakukan pada *testing set* menggunakan metrik evaluasi seperti *accuracy* dan *loss*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *Area Under Curve* (AUC). Model *EfficientNet-B4* diuji berdasarkan kemampuannya mengenali pola retina yang relevan.

2.6 Deployment

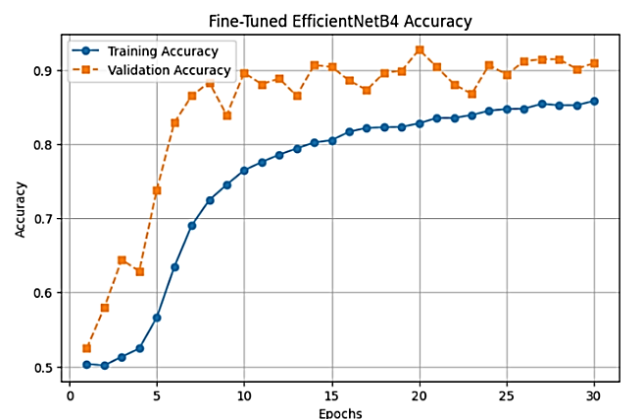
Tahap ini berfokus pada penerapan model terbaik ke dalam sistem yang siap digunakan dalam lingkup implementasi praktis, seperti aplikasi pendukung diagnosis dini penyakit glaukoma. Model *EfficientNet-B4* yang telah melalui tahap validasi diintegrasikan ke dalam antarmuka pengguna yang memungkinkan *input* citra retina untuk menghasilkan hasil prediksi otomatis. Proses *deployment* juga mencakup pemantauan performa model di lingkungan operasional serta mekanisme pembaruan (*model update pipeline*) apabila terdapat data baru yang lebih representatif. Selain itu, dilakukan validasi eksternal untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tetap relevan secara klinis dan dapat mendukung pengambilan keputusan oleh tenaga medis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis performa model *EfficientNet-B4* untuk klasifikasi citra retina dalam deteksi glaukoma.

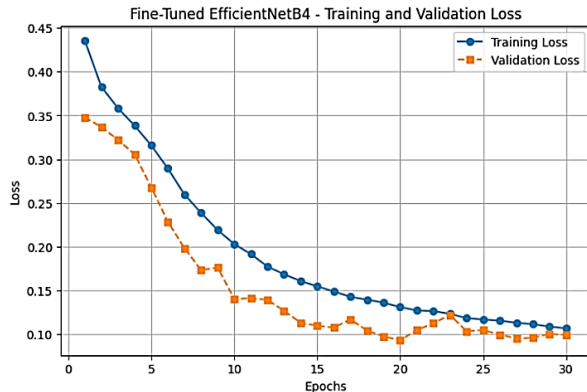
3.1 Hasil Penelitian

Pelatihan model *EfficientNet-B4* menggunakan metode *transfer learning* pada *dataset* citra retina glaukoma menunjukkan peningkatan kinerja yang konsisten sepanjang proses pelatihan. Data dibagi menjadi 80% untuk pelatihan, 10% untuk validasi, dan 10% untuk pengujian.



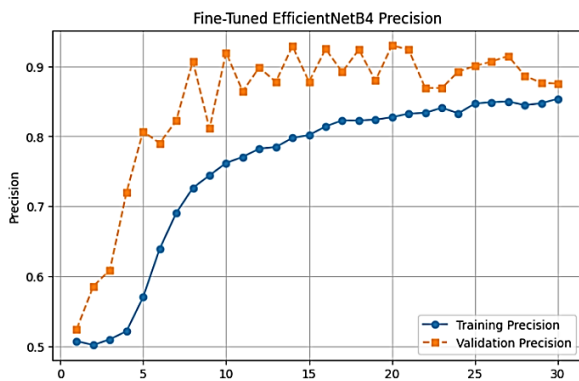
Gambar 4. Grafik Akurasi pada Data Latih dan Data Validasi Model *EfficientNet-B4*

Gambar 4 memperlihatkan perkembangan akurasi dan *loss* pada data latih serta data validasi selama 30 *epoch* menggunakan model *EfficientNet-B4* yang telah di-*fine-tune*. Akurasi data validasi meningkat cepat hingga mencapai kisaran 0,90 pada *epoch* ke-10 dan stabil hingga akhir pelatihan, sementara akurasi data latih terus naik secara bertahap hingga mendekati 0,85.



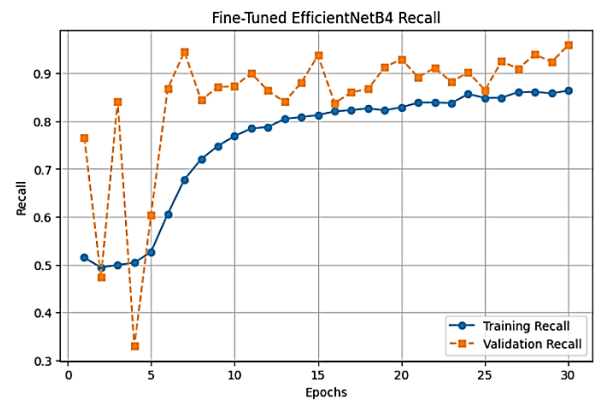
Gambar 5. Grafik *Loss* pada Data Latih dan Data Validasi Model *EfficientNet-B4*

Pada sisi lain, Gambar 5 menampilkan *loss* data latih dan validasi yang menunjukkan tren penurunan konsisten. *Training loss* turun dari sekitar 0,42 menjadi 0,10, dan *validation loss* mencapai nilai yang lebih rendah di kisaran 0,08. Pola ini menandakan proses pembelajaran yang stabil dan efisien tanpa gejala *overfitting* yang signifikan.



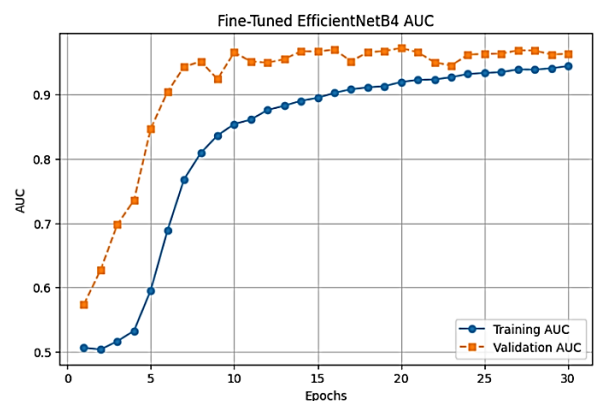
Gambar 6. Grafik *Precision* pada Data Latih dan Data Validasi Model *EfficientNet-B4*

Gambar 6 menampilkan grafik *precision* dari model *EfficientNet-B4* selama proses pelatihan selama 30 *epoch*. *Precision* pada data latih meningkat stabil dari sekitar 0,50 hingga mencapai sekitar 0,85 pada akhir *epoch*, menandakan bahwa model semakin mampu meminimalkan prediksi *false positive* seiring waktu. Sementara itu, *precision* pada data validasi naik dengan cepat hingga melampaui 0,90 pada *epoch* ke-10 dan kemudian stabil di kisaran 0,88–0,92 hingga akhir pelatihan. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kestabilan performa yang baik serta kemampuan dalam mempertahankan tingkat ketepatan prediksi meskipun data yang diuji berbeda dari data pelatihan.



Gambar 7. Grafik *Recall* pada Data Latih dan Data Validasi Model *EfficientNet-B4*

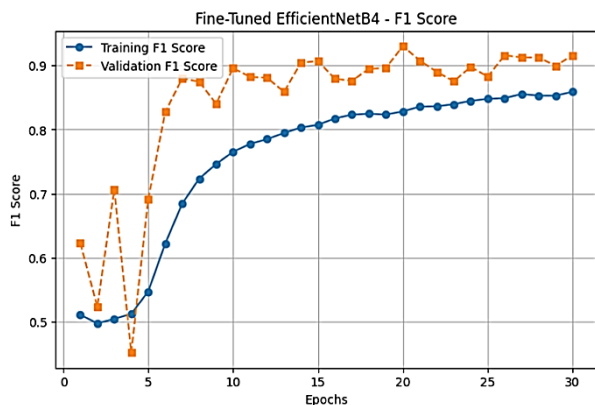
Gambar 7 memvisualisasikan perkembangan *recall* model *EfficientNet-B4* selama pelatihan. Nilai *recall* pada data latih meningkat stabil dari sekitar 0,50 hingga mendekati 0,87 pada *epoch* ke-30, menunjukkan kemampuan model yang semakin baik dalam menangkap seluruh kasus glaukoma pada data latih. Pelatihan dibatasi hingga 30 *epoch* karena pada percobaan awal terlihat bahwa kenaikan performa mulai melambat setelah *epoch* ke-25, sementara indikasi *overfitting* mulai muncul jika pelatihan diperpanjang. Batas 30 *epoch* dipilih sebagai titik optimal untuk menjaga keseimbangan antara akurasi, stabilitas *loss*, dan efisiensi komputasi tanpa mengorbankan kemampuan generalisasi model. Pada data validasi, *recall* mengalami fluktuasi di awal *epoch* namun kemudian stabil di kisaran 0,88–0,93 setelah *epoch* ke-10. Stabilitas nilai *recall* yang tinggi ini menandakan bahwa model memiliki sensitivitas yang baik dalam mengenali citra retina yang mengandung indikasi glaukoma, sekaligus mampu mempertahankan performa yang konsisten terhadap data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.



Gambar 8. Grafik *AUC* pada Data Latih dan Data Validasi Model *EfficientNet-B4*

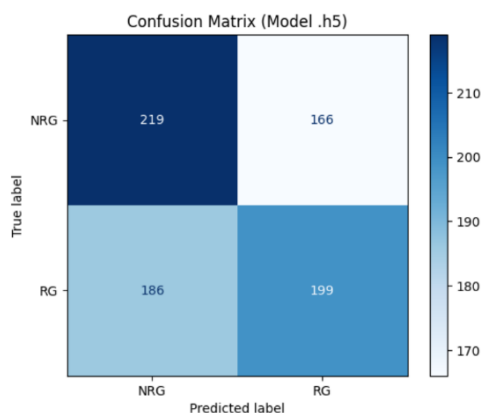
Gambar 8 menampilkan grafik *AUC* (*Area Under Curve*) dari model *EfficientNet-B4* selama proses pelatihan sebanyak 30 *epoch*. Nilai *AUC* pada data latih meningkat stabil dari sekitar 0,50 pada awal pelatihan hingga mencapai sekitar 0,93 pada *epoch* ke-30, menunjukkan peningkatan kemampuan model dalam membedakan antara citra retina normal dan yang mengandung glaukoma. Sementara itu,

AUC pada data validasi meningkat tajam hingga melewati 0,90 pada *epoch* ke-8 dan kemudian stabil di kisaran 0,94–0,96 hingga akhir pelatihan. Stabilitas nilai AUC yang tinggi ini menandakan bahwa model memiliki kemampuan diskriminatif yang sangat baik dalam mengenali kasus positif maupun negatif glaukoma, serta mampu mempertahankan performa yang konsisten terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.



Gambar 9. Grafik *F1-score* pada Data Latih dan Data Validasi Model *EfficientNet-B4*

Gambar 9 memperlihatkan perkembangan *F1-score* model *EfficientNet-B4* selama proses pelatihan selama 30 *epoch*. Nilai *F1-score* pada data latih menunjukkan peningkatan stabil dari sekitar 0,50 pada awal pelatihan hingga mencapai kisaran 0,86 pada *epoch* ke-30, menandakan keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall* dalam mengenali citra retina dengan indikasi glaukoma. Sementara itu, *F1-score* pada data validasi meningkat tajam hingga melampaui 0,90 pada *epoch* ke-8 dan kemudian stabil di rentang 0,88–0,92 hingga akhir pelatihan. Model ini menunjukkan performa yang tinggi pada data pelatihan sekaligus mempertahankan hasil yang stabil pada data validasi. Konsistensi tersebut mengindikasikan bahwa model mampu mengenali pola secara efektif tanpa mengalami *overfitting*, serta memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru yang belum pernah dipelajari sebelumnya.



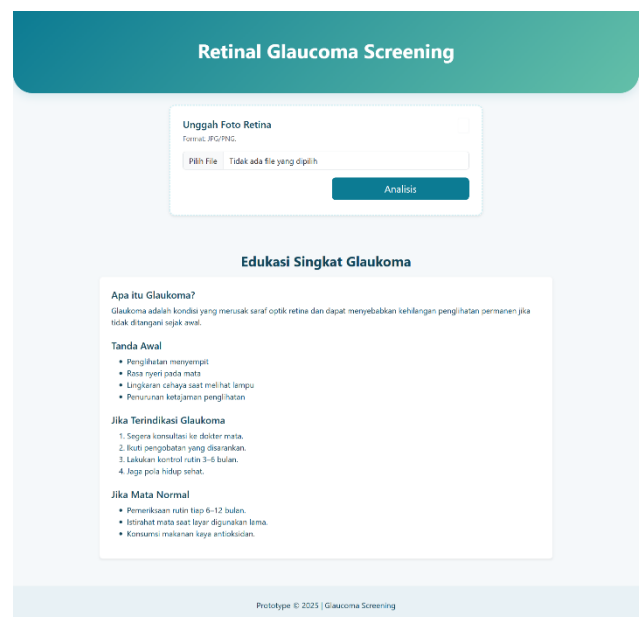
Gambar 10. *Confusion Matrix*

Confusion matrix pada Gambar 10 menunjukkan performa model dalam membedakan citra retina normal (NRG) dan

citra retina dengan glaukoma (RG). Model berhasil mengklasifikasikan 219 citra normal secara benar, dan salah memprediksi 166 citra normal sebagai glaukoma. Untuk kelas glaukoma, model mengidentifikasi 199 citra secara tepat, sedangkan 186 citra glaukoma salah diklasifikasikan sebagai normal.

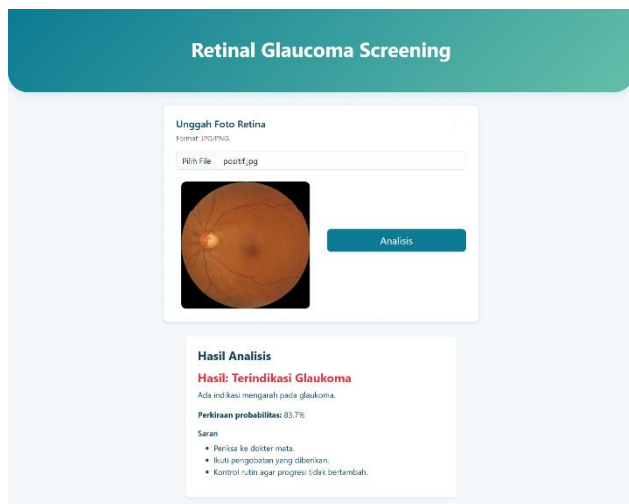
Kesalahan prediksi terbanyak terjadi ketika citra glaukoma diprediksi sebagai normal. Kondisi ini umum terjadi pada *dataset* glaukoma karena sebagian pasien memiliki tanda struktural yang sangat halus, terutama pada tahap awal, seperti peningkatan *cup-to-disc ratio* yang minimal. Model cenderung kesulitan mengenali pola ini sehingga sebagian besar *misclassifications* jatuh pada kategori tersebut.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu melakukan pemisahan kelas dengan stabil, namun masih memerlukan peningkatan sensitivitas terhadap ciri glaukoma dengan keparahan ringan. Peningkatan dapat dilakukan melalui penambahan variasi citra glaukoma tahap awal, *fine-tuning* pada *region of interest* (khususnya *optic disc-cup area*), atau penguatan strategi augmentasi yang mempertahankan struktur anatomis penting.



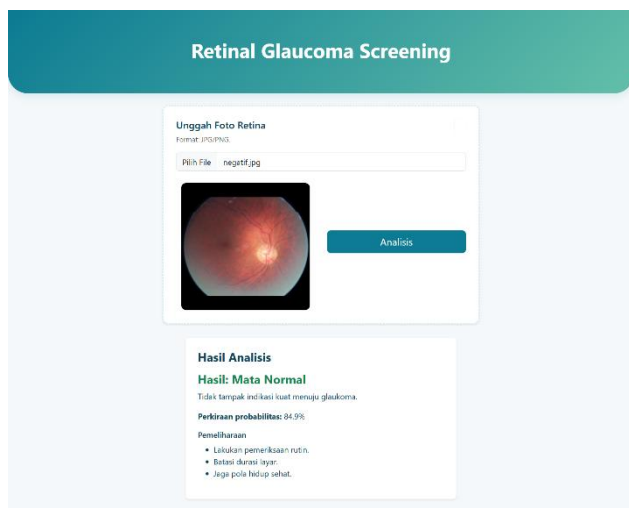
Gambar 11. Halaman Beranda *Website*

Gambar 11 menampilkan halaman beranda yang berfungsi sebagai titik awal interaksi pengguna dengan sistem skrining glaukoma. Pada bagian atas disediakan fitur unggah citra retina (fundus) yang menjadi *input* utama bagi proses analisis berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur *EfficientNet-B4*. Elemen desain berwarna lembut dan tata letak yang responsif dirancang untuk meningkatkan kenyamanan serta mengurangi ketegangan visual pengguna. Selain itu, beranda juga menampilkan informasi edukatif mengenai penyebab, gejala, dan langkah pencegahan glaukoma yang bertujuan memperkuat aspek literasi kesehatan pengguna sebelum melakukan skrining awal.



Gambar 12. Halaman Hasil Prediksi Positif (Diduga Glaukoma)

Gambar 12 menampilkan hasil keluaran sistem yang menunjukkan deteksi positif, yaitu ketika model mengenali pola pada citra retina yang menyerupai indikasi glaukoma. Informasi hasil ditampilkan bersama tingkat kepercayaan model (*confidence*) untuk memberikan hasil objektif terhadap akurasi prediksi. Bagian ini dilengkapi rekomendasi tindak lanjut seperti pemeriksaan tekanan intraokular, *Optical Coherence Tomography* (OCT), serta anjuran konsultasi ke dokter spesialis mata. Seluruh konten hasil disertai penegasan bahwa prediksi bersifat skrining awal dan bukan diagnosis klinis, sesuai dengan prinsip kehati-hatian dalam pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan di bidang medis.



Gambar 13. Halaman Hasil Prediksi Negatif (Tidak Terindikasi Glaukoma)

Gambar 13 yakni halaman hasil negatif menampilkan kondisi di mana sistem tidak mendeteksi adanya pola yang mengindikasikan glaukoma pada citra retina. Meskipun hasil menunjukkan kondisi normal, halaman ini tetap menyertakan himbauan untuk melakukan pemeriksaan mata berkala dan kewaspadaan terhadap faktor risiko genetik maupun gejala yang muncul di kemudian hari. Penekanan utama pada bagian ini ialah bahwa sistem hanya

memberikan asesmen awal berbasis *machine learning*, sehingga keputusan medis akhir tetap harus dilakukan oleh tenaga kesehatan profesional.

3.2 Pembahasan

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa arsitektur *EfficientNet-B4* memberikan performa yang sangat baik dalam klasifikasi citra retina untuk deteksi dini glaukoma. Model mencapai akurasi validasi stabil pada kisaran 90–92%, dengan *loss* yang menurun secara konsisten hingga mendekati nilai 0,20 pada akhir pelatihan. Nilai akurasi yang tinggi dan perbedaan minimal antara akurasi data latih dan validasi menunjukkan bahwa model mampu melakukan generalisasi dengan baik tanpa mengalami *overfitting* yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses *fine-tuning* dan strategi *data augmentation* yang diterapkan berjalan optimal dalam membantu model mengenali fitur-fitur visual khas pada citra retina penderita glaukoma.

Jika dibandingkan dengan penelitian oleh [2], yang mengembangkan arsitektur CNN khusus dengan empat lapisan konvolusional dan dua lapisan *fully connected* serta mencapai nilai AUC sebesar 0,831 dan 0,887 pada *dataset* ORIGA dan SCES, pendekatan *transfer learning* dengan *EfficientNet-B4* pada penelitian ini menunjukkan peningkatan yang berarti dari sisi kestabilan hasil dan efisiensi pelatihan. Arsitektur *EfficientNet-B4*, dengan keunggulan pada efisiensi parameter dan kedalaman jaringan yang teroptimasi secara *compound scaling*, mampu mempelajari representasi visual yang lebih kompleks dengan jumlah parameter yang relatif lebih sedikit dibandingkan CNN konvensional.

Selain peningkatan performa model, kontribusi penting dari penelitian ini terletak pada implementasi praktisnya melalui integrasi model klasifikasi ke dalam sistem berbasis web. Penelitian ini menerapkan model yang telah dilatih ke dalam platform interaktif yang dapat diakses pengguna secara daring. Melalui sistem ini, pengguna dapat mengunggah citra retina untuk memperoleh hasil prediksi awal disertai informasi edukatif terkait glaukoma, termasuk gejala umum, faktor risiko, dan langkah pencegahan. Pendekatan ini memperluas jangkauan manfaat model AI bagi masyarakat di wilayah dengan keterbatasan akses terhadap layanan kesehatan mata. Dengan demikian, sistem ini berperan sebagai sarana peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pemeriksaan glaukoma secara rutin.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi dini glaukoma berbasis web dengan memanfaatkan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) *EfficientNet-B4*. Model yang dilatih menggunakan *dataset* citra retina dengan total 9.540 citra, mencakup 8.000 data latih, 770 data validasi, dan 770 data uji menunjukkan performa yang baik, ditandai dengan akurasi validasi stabil pada kisaran 90–92% serta nilai *loss* yang menurun konsisten hingga mencapai konvergensi optimal. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa model mampu mengenali pola visual khas glaukoma dengan tingkat generalisasi yang baik. Penggunaan *EfficientNet-B4* sendiri memberikan keuntungan tambahan karena arsitekturnya menerapkan pendekatan *compound scaling* yang menyeimbangkan kedalaman, lebar, dan resolusi secara proporsional. Mekanisme ini membuat jaringan mampu menangkap detail halus pada struktur retina, termasuk variasi kontur disk optik dan *rasio cup-to-disc* yang sering menjadi indikator awal glaukoma. Kapasitas fitur yang lebih besar namun tetap efisien secara komputasi membuat *EfficientNet-B4* mampu membedakan perbedaan visual yang subtil antara mata normal dan glaukoma tanpa menghasilkan *overfitting*, sehingga model lebih stabil dan reliabel saat diuji pada data baru. Meskipun performanya stabil, kasus glaukoma dengan tanda struktural yang sangat halus tetap menjadi tantangan umum, sehingga diperlukan evaluasi lebih mendalam pada citra dengan tingkat keparahan ringan.

Implementasi model ke dalam sistem berbasis web memungkinkan proses skrining awal dilakukan secara praktis dan mudah diakses oleh pengguna. Fitur unggah citra retina dan penyajian hasil prediksi yang dilengkapi edukasi mengenai glaukoma membuat sistem ini berfungsi ganda, sebagai alat bantu diagnosis awal sekaligus media edukatif untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pemeriksaan mata secara rutin.

Untuk penelitian selanjutnya, pengembangan dapat diarahkan pada perluasan *dataset* agar mencakup variasi citra dari berbagai perangkat dan kondisi pencahayaan, serta integrasi model dengan data klinis tambahan seperti tekanan intraokular dan riwayat medis pasien. Pendekatan multimodal ini diharapkan mampu meningkatkan akurasi diagnosis sekaligus mendekatkan sistem ke arah penggunaan klinis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. M. S. Barros, J. C. C. Moura, C. R. Freire, A. C. Taleb, R. A. M. Valentim, and P. S. G. Morais, "Machine learning applied to retinal image processing for glaucoma detection: review and perspective," *Biomed Eng Online*, vol. 19, no. 1, p. 20, 2020.
- [2] X. Chen, Y. Xu, D. W. K. Wong, T. Y. Wong, and J. Liu, "Glaucoma detection based on deep convolutional neural network," in *2015 37th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC)*, IEEE, pp. 715–718, 2015.
- [3] A. Serener and S. Serte, "Transfer learning for early and advanced glaucoma detection with convolutional neural networks," in *2019 Medical technologies congress (TIPTEKNO)*, IEEE, pp. 1–4, 2019.
- [4] A. Sarhan, J. Rokne, and R. Alhajj, "Glaucoma detection using image processing techniques: A literature review," *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 78, p. 101657, 2019.
- [5] M. Kim, O. Janssens, H. Park, J. Zuallaert, S. Van Hoecke, and W. De Neve, "Web applicable computer-aided diagnosis of glaucoma using deep learning," *arXiv preprint arXiv:1812.02405*, 2018.
- [6] D. M. S. Barros, J. C. C. Moura, C. R. Freire, A. C. Taleb, R. A. M. Valentim, and P. S. G. Morais, "Machine learning applied to retinal image processing for glaucoma detection: review and perspective," *Biomed Eng Online*, vol. 19, no. 1, p. 20, 2020.
- [7] L. Li *et al.*, "A large-scale database and a CNN model for attention-based glaucoma detection," *IEEE Trans Med Imaging*, vol. 39, no. 2, pp. 413–424, 2019.
- [8] K. Duvvuri, S. Chethana, S. S. Charan, V. Srihitha, T. K. Ramesh, and K. S. Srikanth, "Grad-cam for visualizing diabetic retinopathy," in *2022 3rd International Conference for Emerging Technology (INCET)*, IEEE, pp. 1–4, 2022.
- [9] T. N. Poly, M. M. Islam, B. A. Walther, M. C. Lin, and Y.-C. J. Li, "Artificial intelligence in diabetic retinopathy: Bibliometric analysis," *Comput Methods Programs Biomed*, vol. 231, p. 107358, 2023.
- [10] Z. S. Lie *et al.*, "Automatic Cataract and Cholesterol Detection System Based on Recurrent Neural Network (RNN): A Comparison with Convolutional Neural Network (CNN) and Siamese Neural Network (SNN)," in *The International Conference on Intelligent Unmanned Systems*, Springer, pp. 233–242, 2023.
- [11] L. A. Hark *et al.*, "Philadelphia telemedicine glaucoma detection and follow-up study: methods and screening results," *Am J Ophthalmol*, vol. 181, pp. 114–124, 2017.
- [12] S. Zhu *et al.*, "Screening of common retinal diseases using six-category models based on EfficientNet," *Front Med (Lausanne)*, vol. 9, p. 808402, 2022.
- [13] L. K. Singh, Pooja, H. Garg, and M. Khanna, "Performance evaluation of various deep learning based models for effective glaucoma evaluation using optical coherence tomography images," *Multimed Tools Appl*, vol. 81, no. 19, pp. 27737–27781, 2022.
- [14] A. Geetha and N. B. Prakash, "Classification of Glaucoma in Retinal Images Using EfficientnetB4

- Deep Learning Model.,” *Computer Systems Science & Engineering*, vol. 43, no. 3, 2022.
- [15] S. A. Haja and V. Mahadevappa, “Advancing glaucoma detection with convolutional neural networks: a paradigm shift in ophthalmology,” *Rom J Ophthalmol*, vol. 67, no. 3, p. 222, 2023.
- [16] M. Ashtari-Majlan, M. M. Dehshibi, and D. Masip, “Deep learning and computer vision for glaucoma detection: A review,” *arXiv preprint arXiv:2307.16528*, 2023.



IMPLEMENTASI ALGORITMA *FP-GROWTH* UNTUK OPTIMALISASI STRATEGI PEMASARAN DI TOKO PAKAIAN: STUDI KASUS TOKO TREND

Batara Mahardika Aryoko¹, Saiful Nur Budiman², Sri Lestanti³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Islam Balitar
 Blitar, Jawa Timur, Indonesia 66137

mahardsyech@gmail.com, sync.saifulnb@gmail.com, lestanti85@gmail.com

Abstract

TREND store is a retail outlet that sells various types of clothing and accessories. As market competition intensifies, the store needs to develop more efficient marketing strategies to remain competitive. One approach is to utilise sales data to analyse consumer purchasing patterns, given that such data has not been optimally used previously. This study aims to identify purchasing patterns and generate association rules as a basis for marketing strategies using the FP-Growth algorithm. The algorithm was chosen because it can identify frequent itemsets without candidate generation, making it more efficient than other methods in market basket analysis. The research data consist of 64 sales transactions from March 2025. In addition to pattern discovery, lift ratios were calculated to measure the strength of relationships between items. The results show that FP-Growth successfully identified significant purchasing patterns and generated relevant association rules. Several rules have lift ratios above 1, such as 1.2472 and 1.1463 for the combination K7, K1, C5, indicating positive relationships. These findings can be used to develop more data-driven and efficient marketing strategies, such as placing related items together to encourage impulsive purchases, supporting product recommendations, promoting planning, and informing other marketing decisions.

Keywords: Data Mining, FP-Growth, Lift Ratio, Market Basket Analysis, Marketing Strategy

Abstrak

Toko TREND adalah sebuah toko ritel yang menjual berbagai macam pakaian dan aksesoris. Dalam persaingan pasar yang semakin ketat, toko TREND perlu menyusun strategi pemasaran yang lebih efisien agar dapat bertahan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan data penjualan untuk analisis pola pembelian konsumen, mengingat data tersebut sebelumnya belum digunakan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan pola pembelian dan menghasilkan aturan asosiasi sebagai dasar strategi pemasaran menggunakan algoritma *FP-Growth*. Algoritma ini dipilih karena mampu menemukan *frequent itemset* tanpa proses pengembangan kandidat, sehingga lebih efisien dibanding metode lain dalam analisis keranjang pasar. Data penelitian terdiri dari 64 transaksi penjualan pada bulan Maret 2025. Selain proses pencarian pola, dilakukan juga perhitungan *lift ratio* untuk mengukur kekuatan hubungan antar item. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *FP-Growth* berhasil menemukan pola pembelian yang signifikan dan menghasilkan aturan asosiasi yang relevan. Beberapa aturan memiliki nilai *lift ratio* di atas 1, seperti 1,2472 dan 1,1463 pada aturan dari kombinasi K7, K1, dan C5, yang berarti menunjukkan adanya hubungan positif. Temuan ini dapat dimanfaatkan untuk menyusun strategi pemasaran yang berbasis data dan tentunya lebih efisien. Misalnya item K7, K1, C5 diletakkan berdekatan agar pembeli melakukan pembelian impulsif, atau digunakan untuk rekomendasi barang, dan strategi lainnya.

Kata kunci: Analisis Keranjang Pasar, Data Mining, *FP-Growth*, Lift Ratio, Strategi Pemasaran

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern berkembang dengan sangat pesat, fenomena tersebut memiliki dampak yang sangat luas di berbagai sektor. Seperti di sektor bisnis dan industri, teknologi modern ini telah meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas dalam sektor tersebut. Misalnya, dalam hal pengambilan keputusan, teknologi dengan mudahnya mengambil keputusan yang paling

efisien dari data yang diperoleh untuk menemukan pola yang tidak terlihat.

Saat ini, dalam sektor bisnis ritel persaingan perdagangan saat ini terjadi dengan sangat ketat [1] dan sedang dihadapkan oleh tantangan-tantangan untuk tetap relevan dan kompetitif. Bisnis ritel kini perlu gerak cepat untuk beradaptasi di tengah tantangan seperti digitalisasi, perubahan pola belanja, hingga regulasi yang semakin

kompleks agar tetap kompetitif. Di sisi lain industri ritel dan pusat perbelanjaan terus berkembang seiring dengan perubahan tren, teknologi, dan perilaku konsumen [2]. *Managing director CRSC*, Yongki Surya Susilo mengatakan untuk menghadapi perubahan itu jawabannya terletak pada wawasan yang tepat, solusi yang inovatif, dan strategi pemasaran yang cerdas [2].

Dengan situasi tersebut, toko dengan skala besar atau kecil harus bisa untuk beradaptasi secepat mungkin terhadap perubahan-perubahan preferensi dari konsumen dan dinamika pasar. Ada begitu banyak cara untuk mengatasi masalah ini. Contohnya dengan mengoptimalkan strategi pemasaran toko yang didukung oleh analisis data yang akurat dan komprehensif.

Toko TREND adalah salah satu toko yang bergerak di bidang ritel pakaian atau *fashion*, toko TREND ini mempunyai beberapa cabang, salah satunya berada di Kecamatan Kesamben. Dengan banyaknya cabang yang dikelola di berbagai daerah, persaingan pasar yang sengit dan tidak menentu, dan juga dengan pengaruh teknologi yang sedang pesat sekarang ini, tentunya toko TREND perlu menerapkan teknologi yang terbaru untuk memudahkan pembuatan strategi pemasaran yang optimal seperti penataan barang agar konsumen melakukan pembelian yang impulsif, pemilihan barang untuk paket *bundling*, dan strategi pemasaran yang lainnya. Salah satu teknologi yang bisa digunakan dalam kasus ini adalah teknologi *data mining* untuk membuat strategi pemasaran yang lebih optimal.

Banyaknya persaingan dalam dunia bisnis khususnya dalam industri, menuntut para pengembang untuk menemukan suatu strategi yang dapat meningkatkan penjualan dan pemasaran produk yang dijual, salah satunya adalah dengan pemanfaatan data penjualan [3]. Tantangan banyak perusahaan adalah bagaimana mengolah koleksi data yang besar untuk mengekstrak informasi penting [4].

Data mining adalah proses menggunakan metode statistik, matematika, dan kecerdasan buatan, ilmu komputer untuk mengekstrak informasi berharga, hubungan, dan pola yang tidak langsung terlihat dari data dalam jumlah besar [5], [6].

Data dalam jumlah besar akan diproses menggunakan teknologi yang disebut *data mining*, yang membantu bisnis mengubah data yang masih mentah menjadi informasi yang berguna dan dapat digunakan untuk membuat pilihan bisnis yang penting. Deskripsi, klasifikasi, pengelompokan, asosiasi, pengurutan, peramalan, dan prediksi adalah tujuh peran utama *data mining*. *Data mining* mempunyai tujuan sebagai *Explanatory* yaitu untuk menjelaskan beberapa kondisi terkait dengan suatu penelitian, *Confirmatory* digunakan sebagai mempertegas hipotesis, dan *Exploratory* yang berguna dalam menganalisis data untuk hubungan baru yang tidak diharapkan [7].

Salah satu algoritma dalam *data mining* yang sering dipakai adapun seperti algoritma *Apriori* atau pun algoritma *FP-Growth* [8]. Algoritma *Apriori* dikembangkan menjadi algoritma *FP-Growth* [9]. Jadi bisa dibilang algoritma ini adalah generasi ke dua dari salah satu algoritma asosiasi, yaitu algoritma *Apriori*. Algoritma ini diusulkan oleh Han tahun 2000 [10], Han menyebutkan bahwa algoritma ini sangat efektif karena untuk menyelesaikan tugas penambangan hanya membutuhkan dua kali *scan* basis data [10]. Maka dari itu pada penelitian ini, algoritma *FP-Growth* akan digunakan untuk mencari pola yang dihasilkan dari data yang sudah diperoleh.

Kekuatan aturan asosiasi yang ditetapkan akan dinilai menggunakan pengujian *lift ratio*. *Lift ratio* menggambarkan tinggi atau tidaknya kekuatan aturan atas kejadian *antecedent* dan *consequence* acak. Nilai *lift ratio* memiliki rentang nilai 0 hingga tak terhingga. Nilai tersebut menyatakan keterkaitan suatu produk. Apabila hasil yang diperoleh dari perhitungan memiliki nilai kurang dari atau sama dengan 1 maka artinya kombinasi item yang telah terpilih tidak akan teridentifikasi adanya keterkaitan antara *antecedent* dan juga *consequent* [8].

Pengimplementasian algoritma *FP-Growth* pada penelitian ini akan menggunakan bahasa *python*. *Python* adalah salah satu bahasa pemrograman tujuan umum, artinya, bahasa ini bisa digunakan untuk membuat berbagai program berbeda, bukan khusus untuk masalah tertentu saja [11]. *Python* dapat digunakan untuk skrip sistem, pemrograman komputer mikro, pemecahan persamaan aritmetika, pengembangan web, dan pengembangan perangkat lunak atau pembangunan aplikasi [12].

Berdasarkan uraian tersebut, studi yang akan dilakukan bertujuan untuk mengimplementasikan sistem yang berbasis algoritma *FP-Growth* untuk mencari tahu pola dari pembelian pelanggan di toko pakaian TREND. Hasil analisis yang diperoleh akan dimanfaatkan untuk menyusun strategi yang lebih relevan dengan kebutuhan dan preferensi pelanggan, sehingga dapat meningkatkan adaptasi toko TREND untuk lebih bersaing.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian terkait algoritma *FP-Growth* ini sudah banyak dilakukan, namun dengan tujuan yang berbeda-beda, namun masih terkait dalam urusan bisnis atau pemasaran. Seperti penelitian yang dilakukan oleh [13], yang menerapkan algoritma *FP-Growth* untuk menentukan pola pembelian produk. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan analisis beberapa rekomendasi produk dengan kepercayaan tertinggi yang nantinya dapat digunakan untuk mengatur kategori produk pada suatu rak toko.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [14], yaitu penelitian tentang penggunaan algoritma *FP-Growth* untuk menentukan penjualan item yang populer. Hasil yang

diperoleh dari perhitungan *FP-Growth* akan dimanfaatkan untuk menyarankan kepada pelanggan tentang item apa yang bagus untuk dibeli dengan item tertentu. Hal ini bisa dijadikan salah satu strategi pemasaran yang bisa meningkatkan pembelian yang impulsif dari pelanggan toko.

Selain itu, peneliti [15], juga meneliti algoritma *FP-Growth* untuk menentukan paket promosi pakaian di sebuah perusahaan, penelitian ini bertujuan untuk menemukan sebuah aturan yang bisa dipakai untuk mengembangkan strategi yang meningkatkan penjualan pakaian, hasilnya ditemukan lima pola asosiasi yang selanjutnya dibuatlah aturan yang bisa dipakai untuk merancang paket promosi pakaian.

Peneliti [1] dalam penelitiannya juga menggunakan algoritma *FP-Growth* untuk pengoptimalan strategi pemenuhan persediaan stok barang. Dan hasil yang didapat menunjukkan bahwa penerapan algoritma ini mampu mengungkap beberapa pola asosiasi dan menghasilkan beberapa *rule*, yang setiap *rule* tersebut memiliki nilai *confidence* yang memenuhi kriteria sehingga pola tersebut dapat di analisa untuk melakukan analisa manajemen persediaan barang.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada toko pakaian TREND di cabang Kesamben yang beralamat di Jalan raya Kesamben, Kecamatan Kesamben, Kabupaten Blitar, Jawa Timur 66191 pada bulan November 2024 sampai Juni 2025.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

1) Sumber Data

Data penelitian ini diperoleh dari *database* penjualan toko TREND yang menyimpan riwayat transaksi pelanggan atau data per-nota. Data tersebut mencakup informasi item yang dibeli.

2) Jenis Data

Data yang digunakan termasuk data sekunder karena diperoleh dari sistem yang sudah ada yaitu *database* toko TREND, bukan dari hasil observasi atau kuesioner.

3) Metode Pengumpulan Data

Data diambil dengan mengeksport dari *database* toko ke dalam format yang dapat diolah seperti *CSV*, atau *Excel*. Proses ini dilakukan dengan bantuan pihak pengelola toko yang memberikan akses ke *database* penjualan.

4) Wawancara

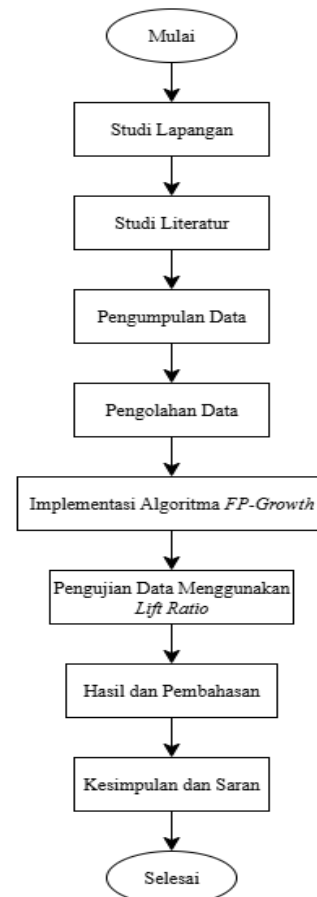
Wawancara juga dilakukan untuk menambah data yang diperlukan sehingga peneliti mempunyai wawasan yang lebih luas tentang tempat atau masalah yang diteliti pada penelitian ini.

5) Studi Pustaka

Studi pustaka juga dilakukan untuk belajar dan mencari informasi terkait penelitian yang sedang dilakukan agar menambah wawasan yang diperlukan.

2.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari enam langkah utama, yaitu studi lapangan, studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, implementasi algoritma, pengujian *lift ratio*, hasil dan pembahasan, dan yang terakhir adalah kesimpulan. Rangkaian tahapan ini digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

1) Studi Lapangan

Untuk menggambarkan masalah, dan menentukan tindakan terbaik untuk menyelesaikan masalah yang ada, peneliti pertama-tama melakukan survei awal dengan tujuan memfasilitasi identifikasi masalah dengan memahami semua informasi yang termasuk dalam kasus industri ritel pakaian serta di toko pakaian TREND.

2) Studi Literatur

Peneliti memeriksa literatur yang relevan pada tahap kedua dari proses penelitian untuk mendapatkan pengetahuan dan wawasan yang akan membantu dalam mengidentifikasi

teori, pendekatan, atau strategi terbaik untuk menyelesaikan masalah yang muncul.

3) Pengumpulan Data

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengumpulan data dengan pendekatan wawancara pada penanggung jawab toko pakaian TREND. Selain itu, peneliti juga mengambil data penjualan pada toko TREND dengan izin dan bantuan pengelola toko.

4) Pengolahan Data

Selanjutnya, peneliti melakukan pengolahan data dengan pembersihan dan menyiapkan data untuk dipakai lebih lanjut, pengolahan data ini termasuk menangani data yang hilang, mengubah format data jika diperlukan, dan menghapus data yang tidak diperlukan.

5) Implementasi Algoritma *FP-Growth*

Pada tahap ini, peneliti akan membahas bagaimana pengimplementasian algoritma *FP-Growth* dalam mencari pola item terbanyak dari *dataset* yang sudah disiapkan pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini juga peneliti mengimplementasikan algoritma *FP-Growth* ke dalam aplikasi sederhana dengan memanfaatkan bahasa *python*.

6) Pengujian Data Menggunakan *Lift Ratio*

Setelah pengimplementasian algoritma *FP-Growth*, peneliti akan menguji data yang berbentuk pola item dari hasil perhitungan algoritma *FP-Growth* yang sudah dilakukan dengan menggunakan pengujian *lift ratio*.

7) Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini, peneliti akan menjelaskan tentang perhitungan algoritma *FP-Growth* yang sudah dilakukan dan aplikasi yang sudah dibuat agar para pembaca mudah memahami isi dari penelitian ini.

8) Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir, peneliti menuliskan kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan dengan rinci agar pembaca dapat mengerti dan memahami tujuan dari penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Transaksi

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan data transaksi toko TREND pada bulan Maret 2025, terdapat kurang lebih 16.000 data transaksi pada bulan tersebut. Setelah data diperoleh, data akan diproses lebih lanjut agar bisa digunakan. Setelah diproses, terdapat 8.978 data yang memenuhi syarat untuk perhitungan. Namun untuk lebih memudahkan peneliti dan pembaca dalam memahami algoritma *FP-Growth*, dari ribuan data yang sudah didapatkan peneliti akan mengambil beberapa data seperti pada Tabel 1 yang nantinya akan dijadikan sampel untuk perhitungan pada penelitian ini.

Tabel 1. Sampel Data Transaksi

<i>TID</i>	Daftar Barang
1	C6, K7, S2, P2, S3, C5, T5, B6, K1, T4, S5
2	T6, S2, S4, K8, K1, J3, S3, T3, B6, G1, P5
3	B3, C6, H1, K1, R2, K3, K7, D4, B6, H2, G1
4	B4, S2, K2, K1, B3, C3, D4, K7, B6, T3, S4, G1, C4
5	K7, M1, C5, B6, C4, D4, B2, G1, T6, C2, S7, M2, P1
6	K7, B2, G1, M2, C5, S2, T4, S8, P3, J2
7	D4, M5, B6, CZ2, B3, S2, B1, T3, M2, P1, C9
8	K7, K1, C2, S6, M3, P5, C8, M2, J3, S7, P1
9	M2, G2, M1, C6, S5, D4, K1, C5, K7, S3
10	K1, C1, K7, R2, C6, C5, G1, M2, J3, P1
11	K1, C5, K7, K4, S2, S7, D3, M2, S6, A1, J3, D2
12	S2, M4, D4, K3, T6, K1, C6, B4, CZ2, R2, C5
13	K7, K3, C5, C4, K1, G1, C3, S2, J3, P1
14	B1, C2, C6, B6, G1, B3, C4, S5, K1, S2, A1, P5, K3
15	B2, K3, K7, S2, C6, C5, T5, S4, K5, M1
16	J2, C2, C9, C6, C7, C5, H2, K3, B3, D4
17	D4, M3, C6, K7, K3, B2, K1, C5, S2, G1, R2, C3, K6
18	M2, B3, K1, C5, B4, J4, D4, K3, K7, G1, B2
19	T3, S2, KZ1, T6, T5, D1, K7, B4, B3, C6, C2
20	J3, P5, P1, K1, S7, C5, S2, S4, P4, A1, D2
21	S7, K6, K7, C6, T1, S2, G1, C6, CZ2, R3
22	K5, C5, B2, B4, K7, C6, C5, P1, P5, S7
23	K1, C3, C2, T6, S2, B2, C6, K7, SZ1, K3, T3, S9, C5
24	M2, C2, B6, K1, D1, J1, R1, S2, C6, C4
25	C3, B4, K1, K7, B1, S2, C5, C6, K3, M1
26	P1, S7, M2, K1, C2, J2, K3, S2, R1, H1
27	K1, K3, C5, R1, S2, K7, C6, SZ1, T5, C2
28	S2, A1, P2, K1, K7, K3, C5, D4, C3, C1, R2, J3
29	D2, P1, S7, B6, K1, K7, B3, C7, D1, C4, R2
30	S2, K7, G1, D1, K4, K1, C5, C3, B2, B3, D4, S7, T5
31	C5, B2, K1, K3, B3, D4, D1, C6, C3, T5, S2, J2
32	S2, T3, K7, B4, C6, C5, C3, H2, K1, B2, K3
33	T6, B4, H2, C2, B6, G1, C3, K7, P1, M2
34	A1, C5, B2, C7, S7, H1, B3, T3, S5, K3, H2, R2, K1, D4, C6, M2
35	S4, P2, C6, B3, B6, K3, C5, B2, K7, M1, S5
36	C6, D4, G1, D1, B2, H2, K1, B4, P1, D2, D3, M2, S3

<i>TID</i>	Daftar Barang
37	S2, J3, S7, D2, M2, S1, H2, B4, K7, G1, R1
38	D1, C6, B4, C2, T2, K1, K8, M2, S6, S7
39	K7, H2, K1, S2, C4, K3, G1, R1, R2, C3
40	K7, SZ1, C5, B3, S5, K1, R2, C3, B6, D1
41	T3, K1, K4, C7, C3, C6, K3, K7, P5, M2, J3, S7
42	G1, C2, B3, D4, B2, K7, B8, P1, S7, K9
43	M4, C2, C3, C5, D4, G1, SZ1, P5, S7, K5
44	H2, S7, D2, K4, C3, R2, K7, P6, B3, G1
45	K5, P5, M2, S7, B6, K1, C2, B4, G1, C7, K7, SZ1, C5, C3, J1, M1, S2
46	M1, C7, K7, C3, SZ1, B3, K3, C6, K5, B2
47	K4, B4, K3, K7, C2, C5, B6, G1, K1, D1
48	C5, K1, R1, T3, H2, G1, K7, R2, B2, D4
49	C4, C5, C6, K7, B7, H2, P5, M2, C9, S7, K4, S2, S3
50	H2, C3, K7, C6, R2, D4, P5, S2, P2, S3
51	T3, H2, S2, B4, K3, C3, K1, C5, SZ1, H1
52	T6, H2, C6, K7, D4, S5, K2, C2, T5, C4, B3, G1, B5
53	G1, C5, K3, K7, B2, P6, D4, B3, S5, T3, S4, M2
54	K7, D4, G1, O1, T6, C6, K1, SZ1, C3, B3
55	K7, K2, T3, D4, S2, J1, S7, M2, P1, D2
56	T6, K7, S2, T3, S4, B2, C5, K1, G1, SZ1, C6, CZ1, B8
57	K1, C6, D1, B6, M4, C5, S3, K1, H1, C2, C3, K3
58	B6, B3, C6, R2, K7, S5, B2, G1, C2, C3, S2, P2
59	C7, C6, K4, K7, C5, T3, J1, K1, R2, P1, M2, M1
60	D4, B3, H1, K9, G1, C3, H2, R2, K4, B2
61	P1, G1, K1, R2, D4, C5, H2, B6, C2, B2
62	C2, P2, C5, K1, K3, M2, L1, K4, B6, C6
63	S4, M2, C2, C5, C4, B4, D4, G1, D1, B2
64	S2, K7, S7, C5, C4, T6, B2, C6, D4, K1

3.2 Menentukan *Support* dan *Confidence*

Setelah *dataset* sudah siap, langkah pertama perhitungan algoritma *FP-Growth* adalah menentukan *minimum support*. *Minimum support* digunakan sebagai ambang batas seberapa suatu item tersebut muncul agar bisa dianggap penting, sedangkan item yang tidak memenuhi akan dieliminasi. Pada penelitian ini peneliti akan menggunakan *minimum support* 15. Selain itu, *minimum confidence* juga ditentukan untuk menguji keterkaitan antar produk yang sudah ditemukan, dan pada perhitungan ini peneliti akan menggunakan *minimum confidence* 70% (0,7).

Terdapat beberapa cara untuk menentukan *minimum support* dan *minimum confidence*. Salah satunya adalah merujuk literatur dan studi sebelumnya, di mana nilai *minimum support* umumnya ditentukan antara 1% - 20% dan *confidence* di atas 50% dianggap cukup baik, namun penentuan nilai tersebut juga perlu disesuaikan berdasarkan banyaknya data dan tujuan analisis. Cara lainnya adalah melalui eksperimen, yaitu dengan mencoba beberapa nilai *minimum support*, dan nantinya akan dipilih yang paling sesuai. Nilai yang terlalu kecil biasanya akan menghasilkan terlalu banyak pola, sedangkan nilai *minimum support* yang terlalu besar dapat menghilangkan pola yang potensial. Dalam konteks *dataset* yang berjumlah 64 transaksi, *minimum support* dipilih agar pola yang terbentuk tetap relevan dan tidak terlalu sedikit.

3.3 Menentukan *Frequent Itemset*

Setelah ditentukannya *minimum support*, langkah selanjutnya adalah membentuk *itemset* dari *dataset* transaksi. Proses ini dimulai dengan membentuk 1-itemset, yaitu menghitung frekuensi kemunculan setiap item pada seluruh transaksi. Setiap item kemudian dihitung jumlah transaksinya (*support count*), lalu dibandingkan dengan nilai *minimum support* yang telah ditentukan sebelumnya, item yang memenuhi *minimum support* akan dipertahankan sedangkan item yang tidak memenuhi nilai tersebut akan dieliminasi. Tahap ini penting untuk memastikan bahwa hanya item yang benar-benar signifikan yang digunakan dalam proses pembangkitan pola selanjutnya.

Sebagai contoh, item seperti K7, K1, C5, dan C6 memiliki jumlah kemunculan di atas ambang *minimum support* 15, sehingga ketiganya masuk ke dalam *frequent 1-itemset*. Sebaliknya item lain yang muncul kurang dari 15 kali tidak disertakan karena tidak dianggap memberikan kontribusi yang berarti. *Frequent 1-itemset* inilah yang kemudian digunakan untuk menyusun transaksi terurut (*ordered transaction*) yaitu setiap transaksi disusun ulang berdasarkan urutan item dengan *support* terbesar. Transaksi terurut ini menjadi dasar dalam proses pembentukan *FP-Tree*.

Tahap penentuan *itemset* ini memastikan bahwa struktur *FP-Tree* yang dibentuk hanya terdiri dari item-item yang relevan dan sering muncul, sehingga proses pencarian *frequent pattern* dapat berjalan lebih cepat, terarah, dan menghasilkan pola yang lebih bermakna. Daftar item yang lolos seleksi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Item Ordered*

Kode	<i>Sup. Count</i>
K7	45
K1	41
C5	38
C6	34

Kode	Sup. Count
S2	33
G1	30
D4	26
K3	25
B2	23
C3	23
M2	23
B3	21
C2	21
S7	20
B6	18
H2	16
R2	16
B4	15
P1	15

Setelah diketahui item-item yang memenuhi *minimum support* serta urutannya, langkah selanjutnya adalah mengurutkan item pada setiap transaksi berdasarkan nilai *support* dari yang terbesar hingga terkecil seperti pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Data Transaksi *Ordered*

<i>TID</i>	Daftar Barang
1	K7, K1, C5, C6, S2, B6
2	K1, S2, G1, B6
3	K7, K1, C6, G1, D4, K3, B3, B6, H2, R2
4	K7, K1, S2, G1, D4, C3, B3, B6, B4
5	K7, C5, G1, D4, B2, M2, C2, S7, B6, P1
6	K7, C5, S2, G1, B2, M2
7	S2, D4, M2, B3, B6, P1
8	K7, K1, M2, C2, S7, P1
9	K7, K1, C5, C6, D4, M2
10	K7, K1, C5, C6, G1, M2, R2, P1
11	K7, K1, C5, S2, M2, S7
12	K1, C5, C6, S2, D4, K3, R2, B4
13	K7, K1, C5, S2, G1, K3, C3, P1
14	K1, C6, S2, G1, K3, B3, C2, B6
15	K7, C5, C6, S2, K3, B2
16	C5, C6, D4, K3, B3, C2, H2

<i>TID</i>	Daftar Barang
17	K7, K1, C5, C6, S2, G1, D4, K3, B2, C3, R2
18	K7, K1, C5, G1, D4, K3, B2, M2, B3, B4
19	K7, C6, S2, B3, C2, B4
20	K1, C5, S2, S7, P1
21	K7, C6, S2, G1, S7
22	K7, C5, C6, B2, S7, B4, P1
23	K7, K1, C5, C6, S2, K3, B2, C3, C2
24	K1, C6, S2, M2, C2, B6
25	K7, K1, C5, C6, S2, K3, C3, B4
26	K1, S2, K3, M2, C2, S7, P1
27	K7, K1, C5, C6, S2, K3, C2
28	K7, K1, C5, S2, D4, K3, C3, R2
29	K7, K1, B3, S7, B6, R2, P1
30	K7, K1, C5, S2, G1, D4, B2, C3, B3, S7
31	K1, C5, C6, S2, D4, K3, B2, C3, B3
32	K7, K1, C5, C6, S2, K3, B2, C3, H2, B4
33	K7, G1, C3, M2, C2, B6, H2, B4, P1
34	K1, C5, C6, D4, K3, B2, M2, B3, S7, H2, R2
35	K7, C5, C6, K3, B2, B3, B6
36	K1, C6, G1, D4, B2, M2, H2, B4, P1
37	K7, S2, G1, M2, S7, H2, B4
38	K1, C6, M2, C2, S7, B4
39	K7, K1, S2, G1, K3, C3, H2, R2
40	K7, K1, C5, C3, B3, B6, R2
41	K7, K1, C6, K3, C3, M2, S7
42	K7, G1, D4, B2, B3, C2, S7, P1
43	C5, G1, D4, C3, C2, S7
44	K7, G1, C3, B3, S7, H2, R2
45	K7, K1, C5, S2, G1, C3, M2, C2, S7, B6, B4
46	K7, C6, K3, B2, C3, B3
47	K7, K1, C5, G1, K3, C2, B6, B4
48	K7, K1, C5, G1, D4, B2, H2, R2
49	K7, C5, C6, S2, M2, S7, H2
50	K7, C6, S2, D4, C3, H2, R2
51	K1, C5, S2, K3, C3, H2, B4
52	K7, C6, G1, D4, B3, C2, H2
53	K7, C5, G1, D4, K3, B2, M2, B3
54	K7, K1, C6, G1, D4, C3, B3

TID	Daftar Barang
55	K7, S2, D4, M2, S7, P1
56	K7, K1, C5, C6, S2, G1, B2
57	K1, C5, C6, K3, C3, C2, B6
58	K7, C6, S2, G1, B2, C3, B3, C2, B6, R2
59	K7, K1, C5, C6, M2, R2, P1
60	G1, D4, B2, C3, B3, H2, R2
61	K1, C5, G1, D4, B2, C2, B6, H2, R2, P1
62	K1, C5, C6, K3, M2, C2, B6
63	C5, G1, D4, B2, M2, C2, B4
64	K7, K1, C5, C6, S2, D4, B2, S7

3.4 Pembentukan FP-Tree

FP-Tree atau *Frequent Pattern Tree* adalah sebuah struktur pohon yang digunakan algoritma *FP-Growth* yang bertujuan untuk menemukan *frequent itemset* (pola item yang sering muncul). Untuk membentuk pohon ini, sistem akan memindai *dataset* dua kali, pemindaian pertama bertujuan menghitung *support count* setiap item. Selanjutnya pemindaian ke dua untuk menyaring setiap item yang memenuhi *support count* sehingga bisa diurutkan dan dibentuk menjadi FP-Tree. Proses ini dilakukan untuk menghindari pembangkitan kandidat secara eksplisit (langsung) seperti pada algoritma *Apriori* sehingga membuat proses lebih cepat.

Pada tahap pembentukan FP-Tree, hanya item yang telah lolos *minimum support* pada Tabel 2 yang digunakan. Setiap transaksi kemudian diurutkan berdasarkan nilai *support* tertinggi ke terendah agar struktur *tree* lebih kompak dan memudahkan pencarian pola. Setelah transaksi diurutkan, masing-masing transaksi dimasukkan ke dalam FP-Tree dengan menambahkan *node* baru atau memperbarui nilai hitungan (*count*) *node* yang sudah ada apabila *path* yang sama dilalui kembali.

Visualisasi proses pembentukan FP-Tree ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 untuk menunjukkan bagaimana *tree* berkembang seiring masuknya transaksi.

1) FP-Tree ke-1



Gambar 2. FP-Tree ke-1

Pada Gambar 2, pembuatan FP-Tree pertama kali dilakukan dengan membuat *Root* terlebih dahulu, setelah itu *Root* akan dibuat cabang baru yang di isi dengan daftar transaksi yang sudah diurutkan. FP-Tree ke-1 ini terbentuk dari TID 1 yaitu: K7, K1, C5, C6, S2, dan B6. Bisa dilihat pada FP-Tree ke-1, *Root* tersebut mempunyai 1 cabang yaitu K7, pada cabang tersebut terdapat angka 1 yang berarti cabang masih dilalui oleh item tersebut 1 kali saja. Jika nanti cabang tersebut dilewati lagi maka nilai akan ditambahkan 1, dan begitu seterusnya hingga FP-Tree selesai terbentuk dari semua TID.

2) FP-Tree ke-2

Setelah FP-Tree ke-1 dari TID pertama terbentuk, maka selanjutnya akan ditambahkan TID kedua yang akan menjadi FP-Tree ke-2 seperti pada Gambar 3. Penambahan TID kedua ini juga dimulai dari *Root* terlebih dahulu, jika *Root* tidak punya cabang item tersebut, maka *Root* akan membuat cabang baru. FP-Tree ke-2 ini terbentuk dari TID pertama, dan TID kedua yaitu: K1, S2, G1, dan B6.



Gambar 3. FP-Tree ke-2

3.5 Menghitung CPB, CFT, dan FPG

CPB, CFT, dan FPG adalah perhitungan yang berguna untuk mencari *rule* atau jalur dari *FP-Tree* mana yang memenuhi syarat. *Conditional Pattern Base (CPB)* adalah rute yang didapat dari *FP-Tree*. Selanjutnya ada *Conditional FP-Tree (CFT)* yaitu berisi item apa saja yang memenuhi *minimum support* dari rute CPB tadi, Dan yang terakhir adalah *Frequent Pattern Generate (FPG)* yang berisi kombinasi final item-item yang memenuhi *minimum support*. Karena terlalu banyak item dan *rule* yang dihasilkan, maka peneliti akan menampilkan 4 item yang memenuhi *minimum support* seperti pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Tabel CPB, CFT, FPG

Item	CPB	CFT	FPG
S2	{K7, K1, C5, C6 : 8}, {K1 : 2}, {K7, K1 : 2}, {K7, C5 : 1}, {K7, K1, C5 : 5}, {K1, C5, C6 : 2}, {K1, C6 : 2}, {K7, C5, C6 : 2}, {K7, C6 : 4}, {K1, C5 : 2}, {K7 : 2}	{K7 : 24}, {K1 : 23}, {C5 : 20}, {C6 : 18}, {K7, K1 : 15}	{K7, S2 : 24}, {K1, S2 : 23}, {C5, S2 : 20}, {C6, S2 : 18}, {K7, K1, S2 : 15}
C6	{K7, K1, C5 : 11}, {K7, K1 : 3}, {K7, C5 : 4}, {K7 : 6}, {K1, C5 : 5}, {K1 : 4}, {C5 : 1}	{K7 : 24}, {K1 : 23}, {C5 : 21}, {K7, C5 : 15}, {K1, C5 : 16}	{K7, C6 : 24}, {K1, C6 : 23}, {C5, C6 : 21}, {K7, C5, C6 : 15}, {K1, C5, C6 : 16}
C5	{K7, K1 : 20}, {K7 : 7}, {K1 : 8}	{K7 : 27}, {K1 : 28}, {K7, K1 : 20}	{K7, C5 : 27}, { K1, C5 : 28}, {K7, K1, C5 : 20}
K1	{K7 : 27}	{K7 : 27}	{K7, K1 : 27}

Pada Tabel 4, karena banyaknya hasil FPG yang ada dari beberapa item, maka peneliti memilih salah satu hasil dari perhitungan FPG untuk melanjutkan contoh perhitungan Mencari *strong rule*, yaitu pada baris C5 dengan *rule FPG* K7, K1, dan C5 yang memiliki nilai 20.

3.6 Menentukan Strong Rule

Perhitungan *strong rule* ini dilakukan untuk mengetahui apakah kombinasi item tersebut memiliki keterkaitan antar item, hal ini bisa dimanfaatkan untuk mengetahui aturan item. Untuk mengetahuinya kita harus mengetahui dulu *support* dari kombinasi item yang bersangkutan yaitu K7, K1, dan C5. Karena terdapat 3 item yang bersangkutan, peneliti hanya membutuhkan *support* dari 1 *itemset* dan 2 *itemset* seperti pada Tabel 5. Untuk mencari *support* item, hanya perlu menghitung berapa banyak munculnya kombinasi item yang ada pada *database*.

Tabel 5. Support 2 itemset

Itemset	support
K7, K1	27
K7, C5	27
K1, C5	27
K7	45
K1	41
C5	38

Setelah mengetahui *support* item, selanjutnya akan dilakukan perhitungan *strong rule*. Berikut adalah rumus yang dipakai:

$$Confidence (K7, K1 \rightarrow C5) = \frac{Support (K7, K1, C5)}{antecedent (K7, K1)}$$

Tabel 6. Perhitungan Strong Rule

Rule	Perhitungan	Conf
K7, K1 $\rightarrow$ C5	20/27	0,7407
K7, C5 $\rightarrow$ K1	20/27	0,7407
K1, C5 $\rightarrow$ K7	20/27	0,7407
K7 $\rightarrow$ K1, C5	20/45	0,4444
K1 $\rightarrow$ K7, C5	20/41	0,4878
C5 $\rightarrow$ K7, K1	20/38	0,5263

Pada Tabel 6, dari 6 *rule* yang dibuat, terdapat 3 *rule* yang tidak memenuhi *minimum confidence* 0,7 atau 70%. Dan terdapat 3 *rule* yang memenuhi *minimum confidence* yaitu dengan nilai 0,7407 atau bisa dikatakan 74,07%.

Berikut adalah penjabaran yang bisa diartikan dari *rule* yang lolos seleksi.

K7 = Kemeja

K1 = Kaos

C5 = Celana Panjang

- 1) K7, K1 $\rightarrow$ C5, bisa diartikan bahwa jika pembeli membeli kemeja dan kaos, maka kemungkinan pembeli juga akan membeli celana panjang adalah 74%.
- 2) K7, C5 $\rightarrow$ K1, bisa diartikan bahwa jika pembeli membeli kemeja dan celana panjang, maka kemungkinan pembeli juga akan membeli kaos adalah 74%.
- 3) K1, C5 $\rightarrow$ K7, bisa diartikan bahwa jika pembeli membeli kaos dan celana panjang, maka kemungkinan pembeli juga akan membeli kemeja adalah 74%.

Dari perhitungan *strong rule* ini, kombinasi *rule* item di atas adalah kombinasi yang kuat untuk dibeli secara bersamaan, sehingga pemilik toko bisa membuat strategi pemasaran berdasarkan hasil tersebut. Contohnya bisa dibuat *bundle* celana panjang dan kemeja, bisa juga dengan diletakkan secara berdekatan agar konsumen melakukan pembelian yang impulsif, atau juga dapat dimanfaatkan untuk *cross selling*, sehingga dapat berpotensi meningkatkan penjualan pada toko.

3.7 Pengujian Lift Ratio

Setelah menemukan *rule* yang kuat, untuk memastikan keakuratan hubungan antar item maka bisa dilakukan pengujian *lift ratio*, pengujian ini bertujuan menilai apakah hubungan antar item ini benar-benar memiliki hubungan, atau hanya kebetulan karena mereka sama-sama sering muncul. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *lift ratio*.

$$Lift\ Ratio(K7, K1 \rightarrow C5) = \frac{Confidence\ (K7, K1 \rightarrow C5)}{Support\ (C5)}$$

Tabel 7. Perhitungan Lift Ratio

Rule	Support Antecedent	Conf.	Lift Ratio
K7, K1 → C5	0,5938	0,7407	1,2472
K7, C5 → K1	0,6406	0,7407	1,1563
K1, C5 → K7	0,7031	0,7407	1,0526

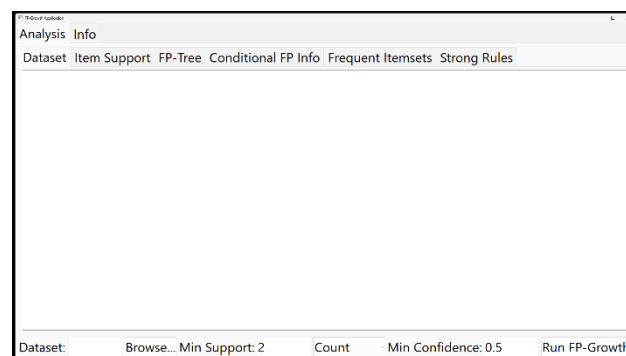
Dapat dilihat pada Tabel 7, bahwa semua *rule* memenuhi aturan *lift ratio*, hal ini dikarenakan semua *rule* mendapat nilai *lift ratio* > 1 yang artinya semua kombinasi item dari K7, K1, dan C5 saling memiliki keterkaitan yang kuat. Perlu diketahui, nilai *lift ratio* bukanlah nilai kepastian, tapi adalah indikasi *probabilistik* (peluang). Nilai *lift* > 1 menunjukkan bahwa kemunculan *consequent* lebih mungkin terjadi bersama *antecedent* dibandingkan secara acak. Namun nilai *lift* tidak menjamin kepastian, melainkan menunjukkan kecenderungan atau potensi hubungan antar item.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7, aturan dengan nilai *lift ratio* tertinggi adalah K7, K1 → C5 dengan nilai 1,2472, yang menunjukkan bahwa pelanggan yang membeli K7 dan K1 memiliki kecenderungan 1,24 kali lebih besar untuk membeli C5. Ini menjadi pola asosiasi terkuat dari seluruh kombinasi yang diuji dan menjadi temuan utama penelitian. Pola ini dapat dijadikan dasar strategi pemasaran, seperti penempatan produk secara berdampingan atau rekomendasi produk, dan strategi pemasaran lainnya.

3.8 Implementasi Algoritma ke Aplikasi

Setelah mengetahui bagaimana cara perhitungan algoritma *FP-Growth*, untuk mendukung proses analisis pola pembelian, peneliti mengembangkan sebuah aplikasi

sederhana yang mengimplementasikan algoritma *FP-Growth*. Aplikasi ini berfungsi untuk memvisualisasikan setiap tahap perhitungan, sehingga pengguna dapat memahami alur algoritma secara lebih intuitif.



Gambar 4. Tampilan Awal Aplikasi

Pada halaman awal, aplikasi dibuka akan menampilkan tampilan kosong seperti pada Gambar 4, untuk menjalankannya, pengguna aplikasi harus memiliki *dataset* yang siap pakai, yang nantinya akan di unggah pada aplikasi tersebut.

Setelah *dataset* diunggah, maka aplikasi akan menampilkan isi dari *dataset* tersebut dalam bentuk tabel seperti pada Gambar 5. Untuk menjalankan perhitungan *FP-Growth*, pengguna bisa memasukkan nilai *minimum support* dan *minimum confidence* pada tempat yang sudah disediakan. Setelah itu pengguna bisa menekan tombol *Run FP-Growth* dan tunggu hingga notifikasi perhitungan muncul.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	C6	K7	S2	P2	S3	C5	T5	B6	K1	T4	S5						
2	T6	S2	S4	K8	K1	J3	S3	T3	B6	G1	P5						
3	B3	C6	H1	K1	R2	K3	K7	D4	B6	H2	G1						
4	B4	S2	K2	K1	B3	C3	D4	K7	B6	T3	S4	G1	C4				
5	K7	M1	C5	B6	C4	D4	B2	G1	T6	C2	S7	M2	P1				
6	K7	B2	G1	M2	C5	S2	T4	S8	P3	J2							
7	D4	M5	B6	C22	B3	S2	B1	T3	M2	P1	C9						
8	K7	K1	C2	S6	M3	P5	C8	M2	J3	S7	P1						
9	M2	G2	M1	C6	S5	D4	K1	C5	K7	S3							
10	K1	C1	K7	R2	C6	C5	G1	M2	J3	P1							
11	K1	C5	K7	K4	S2	S7	D3	M2	S6	A1	J3	D2					
12	S2	M4	D4	K3	T6	K1	C6	B4	C22	R2	C5						

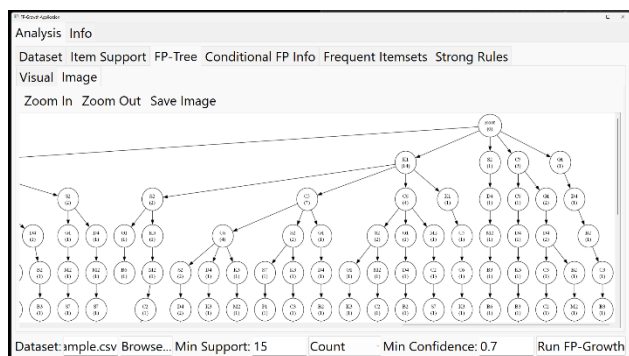
Gambar 5. Tampilan Isi Dataset

Pengguna bisa melihat perhitungan algoritma *FP-Growth* dengan memilih tab-tab yang ada di atas, tab-tab tersebut berisi langkah-langkah dari perhitungan algoritma yang dipakai. Dari menampilkan *support* item, *FP-Tree*, perhitungan *CPB*, *CFT*, *FPG*, sampai dengan menemukan *strong rules*. Sehingga pengguna bisa menganalisis data dengan mudah, cepat, dan efisien.

Item	Support Count
1 K7	45
2 K1	42
3 C5	39
4 C6	35
5 S2	33
6 G1	30
7 D4	26
8 K3	25
9 B2	23
10 C3	23
11 M2	23
12 B3	21

Gambar 6. Tampilan *Support* item

Pada Gambar 6 terdapat halaman *support item*, menu ini menampilkan hasil perhitungan *support* untuk setiap item. Tahap ini secara otomatis menghitung jumlah kemunculan setiap item pada *dataset*, kemudian menyaring item-item yang tidak memenuhi *minimum support*. Hasil pada halaman ini merupakan dasar untuk menentukan *frequent 1-itemset*.

Gambar 7. Tampilan *FP-Tree*

Halaman *FP-Tree* pada Gambar 7 akan menampilkan struktur pohon yang dibentuk berdasarkan transaksi yang telah diurutkan sesuai frekuensi item. Proses pembentukan pohon dilakukan secara bertahap, dimulai dari *Root*, kemudian setiap transaksi ditambahkan sambil memperbarui nilai *count node*. Visualisasi ini membantu pengguna memahami bagaimana transaksi yang sama membentuk jalur yang berulang dalam *FP-Tree*.

CPB	CFT	FPG
1 {C5}	29	0.7436
2 {C5, K1}	28	0.7179
3 {C6}	25	0.7143
4 {S2}	24	0.7273
5 {G1}	23	0.7667
6 {K3}	21	0.8400
7 {C5, K1}	20	0.7143
8 {K7, K1}	20	0.7407
9 {B2}	19	0.8261
10 {K3}	19	0.7600
11 {C3}	18	0.7826
12 {B2}	17	0.7391

Gambar 8. Tampilan *CPB, CFT, FPG*

Pada Gambar 8, terdapat tampilan dari halaman yang menampilkan tiga tahapan utama pada proses pencarian

frequent pattern, yaitu *CPB (Conditional Pattern Base)* yang menunjukkan jalur-jalur transaksi yang berkaitan dengan suatu item tertentu, *CFT (Conditional FP-Tree)* yang menampilkan pohon turunan yang terbentuk dari *CPB* setelah item yang tidak memenuhi *support* dihilangkan, dan *FPG (Frequent Pattern Generate)* yang berisi hasil akhir berupa kombinasi item yang memenuhi *minimum support*. Tampilan ini bisa mempermudah pengguna dalam menelusuri pola tanpa harus membaca *FP-Tree* secara manual.

Itemset	Support
1 {C5, 'K1'}	29
2 {C5, 'K7'}	28
3 {K7, 'K1'}	27
4 {K7, 'C6'}	25
5 {K1, 'C6'}	24
6 {K7, 'S2'}	24
7 {G1, 'K7'}	23
8 {S2, 'K1'}	23
9 {C5, 'C6'}	22
10 {K3, 'K1'}	21
11 {C5, 'S2'}	20
12 {C5, 'K7, 'K1'}	20

Gambar 9. Tampilan *Frequent Itemset*

Halaman *frequent itemset* pada Gambar 9 berisi kumpulan dari seluruh kombinasi item dari *database* yang memenuhi *minimum support* lengkap dengan nilai *support* dari *itemset*. Dari halaman ini, pengguna bisa mendapatkan Informasi untuk mengidentifikasi pola pembeli yang sering muncul secara bersamaan.

Rule	Support	Confidence
1 {C5} -> {K1}	29	0.7436
2 {C5} -> {K7}	28	0.7179
3 {C6} -> {K7}	25	0.7143
4 {S2} -> {K7}	24	0.7273
5 {G1} -> {K7}	23	0.7667
6 {K3} -> {K1}	21	0.8400
7 {C5, K1} -> {K1}	20	0.7143
8 {K7, K1} -> {C5}	20	0.7407
9 {B2} -> {C5}	19	0.8261
10 {K3} -> {C5}	19	0.7600
11 {C3} -> {K7}	18	0.7826
12 {B2} -> {K7}	17	0.7391

Gambar 10. Tampilan *Strong Rules*

Tahap terakhir adalah pembentukan aturan asosiasi menggunakan nilai *confidence*. Pada tahap ini, aplikasi akan menghitung *confidence* untuk setiap *rule* yang memungkinkan. Dan setiap *rule* yang memenuhi *minimum confidence* akan ditampilkan pada halaman ini. Dengan halaman ini pengguna dapat mengetahui *rule* mana yang memiliki nilai *support* dan *confidence* yang kuat.

4) KESIMPULAN

Berdasarkan data dan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Penerapan algoritma *FP-Growth* pada data histori penjualan di toko pakaian TREND berhasil menemukan pola asosiasi antar produk yang sering

dibeli secara bersamaan. Pola-pola tersebut divisualisasikan melalui *FP-Tree* dan menghasilkan *frequent itemsets*, serta aturan asosiasi yang valid berdasarkan nilai *support* dan *confidence*. Temuan aturan ini dapat digunakan untuk mendukung strategi pemasaran, seperti penempatan produk yang berdekatan untuk pembelian yang impulsif, promosi *bundling*, *cross selling* dan strategi pemasaran lainnya sehingga dapat berpotensi meningkatkan penjualan pada toko.

- 2) Hasil pengujian nilai *lift ratio* menunjukkan bahwa kombinasi item K7 (kemeja), K1 (kaos), dan C5 (celana panjang) merupakan pola pembelian terkuat dalam penelitian ini. Aturan asosiasi yang dihasilkan memiliki nilai *lift ratio* 1,2472 dan 1,1563, yang menandakan adanya korelasi positif antar item. Hal ini menunjukkan bahwa pola pembelian yang ditemukan oleh algoritma *FP-Growth* tidak terjadi secara kebetulan, tetapi memiliki hubungan yang signifikan sehingga dapat dijadikan dasar yang kuat dalam penyusunan strategi pemasaran yang efektif dan tepat sasaran.

Secara keseluruhan proses perhitungan algoritma *FP-Growth* telah memberikan hasil yang baik dan relevan bagi peneliti. Namun, perlu diakui bahwa kualitas pola yang ditemukan sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kelengkapan data. Pada penelitian ini, jumlah sampel hanya 64 transaksi dan masih terbatas pada kategori barang, sehingga hasil yang diperoleh belum merepresentasikan keseluruhan data penjualan toko yang sebenarnya berjumlah ribuan. Dengan *dataset* yang lebih besar dan lebih detail, pola yang ditemukan akan jauh lebih kaya dan dapat menghasilkan strategi pemasaran yang lebih baik.

Selain itu, aplikasi *FP-Growth* yang dikembangkan dalam penelitian ini masih bersifat sederhana karena keterbatasan waktu dan pengalaman peneliti yang kurang. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut sangat disarankan, baik dari sisi tampilan, performa, maupun penambahan fitur seperti analisis visual pola, rekomendasi otomatis, dan integrasi dengan data penjualan *real-time* agar pengguna dapat memanfaatkan aplikasi secara lebih optimal, aman, dan nyaman.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada seluruh pihak di Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Islam Balitar, dosen-dosen yang berkaitan dengan penelitian ini, dan juga teman-teman sesama program studi karena telah memberikan dukungan, masukan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sampai mempublikasikan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Kurniawan, M. Sahata Sipayung, R. Ismayanti, M. Rivani Ibrahim, Y. Bintan, and S. Aulia Miranda, "Optimalisasi Strategi Pemenuhan Persediaan Stok Barang Menggunakan Algoritma Frequent Pattern Growth," *METIK JURNAL*, vol. 6, no. 2, pp. 104–114, Dec. 2022, doi: 10.47002/metik.v6i2.387.
- [2] M. I. Al Machmudi, "Gerak Cepat Bisnis Ritel Beradaptasi pada Perubahan Tren dan Teknologi." Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: https://mediaindonesia.com/ekonomi/743663/gerak-k-cepat-bisnis-ritel-beradaptasi-pada-perubahan-tren-dan-teknologi?form=MG0AV3#google_vignette
- [3] Kharomiyah, N. Rahaningsih, and R. D. Dana, "Analisis Keterkaitan Penjualan Obat melalui Penerapan Algoritma FP-Growth guna Optimalisasi Strategi Pemasaran," *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Manajemen Informatika dan Komputer)*, vol. 23, pp. 57–67, Feb. 2024, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jis/index>
- [4] Firmansyah and A. Yulianto, "Market Basket Analysis for Books Sales Promotion using FP Growth Algorithm, Case Study: Gramedia Matraman Jakarta," *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 383–392, Jan. 2021, doi: 10.31289/jite.v4i2.4539.
- [5] Muttaqin et al., *Pengenalan Data Mining*. Yayasan Kita Menulis, 2023. Accessed: Dec. 22, 2024. [Online]. Available: <https://repository.upy.ac.id/4946/1/FullBook%20Pengenalan%20Data%20Mining.pdf>
- [6] F. Suliantana, *Buku Dasar Data Mining from A to Z*, 2024. Accessed: Dec. 22, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/377018853_Buku_Dasar_Data_Mining_from_A_to_Z_-_Feri_SLN_Free
- [7] Mustika et al., *Data Mining dan Aplikasinya*. Widina Bhakti Persada Bandung (Grup CV. Widina Media Utama), 2021. Accessed: Dec. 22, 2024. [Online]. Available: <https://repository.penerbitwidina.com/media/publications/351768-data-mining-dan-aplikasinya-74a855a3.pdf>
- [8] P. W. Rahayu et al., *Buku Ajar Data Mining*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024. Accessed: Dec. 22, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/377415198_BUKU_AJAR_DATA_MINING
- [9] M. Huda, *Algoritma Data Mining: Analisis Data Dengan Komputer*. 2019.

- [10] A. N. S. Putro and R. I. Gunawan, "Implementasi Algoritma FP-Growth untuk Strategi Pemasaran Ritel Hidroponik (Studi Kasus: PT. HAB)," *Jurnal Buana Informatika*, vol. 10, pp. 11–18, Apr. 2019, Accessed: Dec. 22, 2024. [Online]. Available: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jbi/article/view/1746>
- [11] Dicoding Intern, "Python: Pengertian, Contoh Penggunaan, dan Manfaat Mempelajarinya," 2023. Available: <https://www.dicoding.com/blog/python-pengertian-contoh-penggunaan-dan-manfaat-mempelajarinya/>
- [12] A. Ma'arif, *Buku Ajar Pemrograman Lanjut Bahasa Pemrograman Python*, 2020.
- [13] B. Aprellia, S. Lestanti, and S. N. Budiman, "Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma FP-Growth Untuk Menentukan Pola Pembelian Produk Pada Minimarket Justin Mart," Aug. 2023.
- [14] R. Fauzi, A. W. Aranski, N. Nopriadi, and E. Hutabri, "Implementasi Data Mining pada Penjualan Pakaian dengan Algoritma FP-Growth," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 10, no. 2, p. 436, Apr. 2023, doi: 10.30865/jurikom.v10i2.5795.
- [15] M. Rizky, A. A. Ridha, and K. Prihandani, "Penentuan Paket Promosi Pakaian PT. D&C Production dengan Menggunakan Algoritma FP-Growth," vol. 5, no. 2, pp. 177–186, Dec. 2021, doi: 10.29408/edumatic.v5i2.3714.



SISTEM PEMESANAN BERBASIS LARAVEL LIVEWIRE DENGAN WHATSAPP GATEWAY DI PERUMAHAN BUMI COPRAYAN INDAH PEKALONGAN

Yoga Bagus Kurniawan¹, Tresi Aprilia², Muhammad Khozin³, M. Achsin Samas⁴

^{1,2,3,4}Teknik Informatika, Universitas Selamat Sri
 Kendal, Jawa Tengah, Indonesia 51315

yogabag4s@gmail.com, tresiaprilia98@gmail.com, khozin.dsn@gmail.com, samasachsin@gmail.com

Abstract

The housing unit reservation system is still manual, with prospective buyers making reservations directly at the location offline, which often causes inefficiency, recording errors, and delays in information to prospective buyers. Therefore, this study aims to develop a Laravel and Livewire-based Housing Reservation Management System with a WhatsApp Gateway for Bumi Coprayan Indah Housing. This system is designed to enable prospective buyers to make housing unit reservations online, manage reservation data more efficiently, and receive automatic notifications via WhatsApp. The research method used is the Waterfall-based software development method, with the Laravel 10 framework, and the stages are requirements analysis, system design, implementation, and testing using the Black-Box Testing method and User Acceptance Testing (UAT). The test results indicate that the developed system functions well according to the predefined specifications. Based on these results, user satisfaction ranges from 76% to 80.4%, with the highest score for the house search feature (80.4%) and the lowest for the efficiency of the booking process (76%). This indicates that the system has been well accepted by users. The implementation of this system has a positive impact on reservation efficiency, reduces recording errors, and facilitates communication between property developers and prospective buyers. This system is expected to be an innovative solution for digitizing the housing reservation process in a more modern and structured manner.

Keywords: Housing Reservation, Laravel, Livewire, Management System, WhatsApp Gateway

Abstrak

Sistem pemesanan unit perumahan yang masih dilakukan secara manual yaitu calon pembeli melakukan pemesanan langsung ke lokasi secara *offline* yang sering kali menyebabkan ketidakefisienan, kesalahan pencatatan, dan keterlambatan informasi bagi calon pembeli. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Manajemen Pemesanan Perumahan Berbasis Laravel dan Livewire dengan Whatsapp Gateway di Perumahan Bumi Coprayan Indah. Sistem ini dirancang untuk memungkinkan calon pembeli melakukan pemesanan unit rumah secara daring, mengelola data pemesanan dengan lebih efisien, serta memberikan notifikasi otomatis melalui Whatsapp. Metode penelitian yang digunakan adalah metode pengembangan perangkat lunak berbasis *Waterfall*, dengan *framework* Laravel versi 10 dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* serta *User Acceptance Test (UAT)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil tersebut, tingkat kepuasan pengguna berada pada kisaran 76%–80.4%, dengan skor tertinggi pada fitur pencarian rumah (80.4%), dan skor terendah pada efisiensi proses pemesanan (76%). Hal ini menunjukkan sistem sudah diterima dengan baik oleh pengguna. Implementasi sistem ini memberikan dampak positif dalam meningkatkan efisiensi proses pemesanan, mengurangi kesalahan pencatatan, serta mempermudah komunikasi antara pengembang perumahan dan calon pembeli. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam digitalisasi proses pemesanan perumahan yang lebih modern dan terstruktur.

Kata kunci: Laravel, Livewire, Pemesanan Perumahan, Sistem Manajemen, Whatsapp Gateway

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk industri properti. Namun, sistem pemesanan unit perumahan

yang masih dilakukan secara manual yaitu calon pembeli melakukan pemesanan langsung ke lokasi secara *offline* sering kali menimbulkan permasalahan, seperti ketidakefisienan proses, kesalahan pencatatan, serta

keterlambatan penyampaian informasi kepada calon pembeli. Hal ini sejalan dengan fenomena digitalisasi di Indonesia, di mana sebagian besar pengembang perumahan masih mengandalkan metode konvensional yang kurang praktis [1]. Padahal, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem informasi berbasis *web* mampu meningkatkan efektivitas pencatatan dan efisiensi transaksi, baik pada sektor reservasi layanan publik maupun manajemen properti [2], [3]. *Website* menjadi media informasi paling tepat, cepat dan akurat untuk digunakan, karena setiap informasi yang diuraikan pada halaman *Website* dapat disampaikan dengan jelas dan saling mendukung satu sama [4]. Perancangan web sebagai sistem informasi digital dapat menjadi salah satu alternatif untuk membantu proses pengumpulan data, dengan konsep sistem informasi yang mampu menyimpan dan mengolah data yang diperlukan untuk instrumen [5]. Sejumlah penelitian terdahulu telah berfokus pada pengembangan sistem reservasi digital. Misalnya, mengembangkan aplikasi reservasi ruangan berbasis *Website* yang terbukti mempercepat proses pemesanan sekaligus mengurangi tumpang tindih penggunaan fasilitas [6]. Selanjutnya, penelitian tentang rancang aplikasi pemesanan asrama berbasis *web* yang menyediakan akses daring bagi pengguna sehingga proses reservasi lebih mudah dan transparan [7]. Sementara itu, juga penelitian terkait membangun sistem informasi pemesanan properti berbasis *web* untuk meningkatkan akurasi pencatatan dan kecepatan transaksi [3].

Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada fungsionalitas sistem pemesanan berbasis *web* tanpa adanya integrasi notifikasi *real-time*. Padahal, integrasi teknologi komunikasi instan dapat meningkatkan pengalaman pengguna dan mempercepat proses konfirmasi transaksi. Penelitian terbaru mengenai implementasi *framework* Laravel dan Livewire menunjukkan bahwa kombinasi keduanya efektif dalam membangun aplikasi web yang interaktif, dinamis, dan efisien tanpa membutuhkan banyak kode *JavaScript* [8]. Di sisi lain, pemanfaatan Whatsapp *Gateway* dalam sistem reservasi dapat meningkatkan efektivitas komunikasi karena Whatsapp merupakan aplikasi perpesanan paling populer di Indonesia [9].

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan adanya gap penelitian berupa kebutuhan pengembangan sistem pemesanan perumahan yang tidak hanya berbasis *web*, tetapi juga mengintegrasikan notifikasi *real-time* melalui Whatsapp. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan Sistem Manajemen Pemesanan Perumahan berbasis Laravel dan Livewire dengan integrasi Whatsapp *Gateway* di Perumahan Bumi Coprayan Indah. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pemesanan, mengurangi kesalahan pencatatan, serta mempercepat komunikasi antara pengembang perumahan dan calon pembeli. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung digitalisasi

proses pemesanan perumahan yang lebih modern dan terstruktur.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan sistem perangkat lunak dengan menggunakan metode *Waterfall* yang terdiri dari tahapan perencanaan, analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Desain penelitian ini dipilih karena bersifat sistematis, terstruktur, dan sesuai untuk pengembangan sistem berbasis *web* [8].

2.1. Metode Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Metode Pengujian

Data penelitian dikumpulkan melalui tiga teknik utama: observasi, wawancara, dan kuesioner [10].

- Observasi dilakukan secara langsung di Perumahan Bumi Coprayan Indah untuk mengidentifikasi alur pemesanan unit secara manual dan permasalahan yang muncul, seperti keterlambatan informasi serta kesalahan pencatatan.
- Wawancara dilaksanakan dengan pihak *marketing* perumahan, untuk menggali kendala dalam proses pemesanan, pengecekan ketersediaan unit, serta komunikasi dengan calon pembeli.
- Kuesioner disebarakan kepada 50 responden yang terdiri dari calon pembeli sebanyak 16 responden dan masyarakat sekitar Pekalongan sebanyak 34 responden. Instrumen kuesioner menggunakan skala Likert 1–5 yang memuat indikator kemudahan penggunaan, kecepatan akses, keakuratan data, serta efektivitas komunikasi [9].

Metode pengujian yang digunakan meliputi:

- Black Box Testing*, untuk menguji fungsi-fungsi sistem seperti *login*, pemesanan unit, serta notifikasi Whatsapp [11].
- White Box Testing*, untuk menguji logika program [12].
- User Acceptance Test* (UAT), melibatkan pengguna akhir untuk menilai tingkat penerimaan sistem [13].

2.2. Subjek Penelitian dan Data Demografi

Subjek penelitian terdiri dari 50 responden, dengan karakteristik:

- Jenis kelamin: 28 laki-laki, 22 perempuan.
- Rentang usia: 20–40 tahun.
- Status: calon pembeli perumahan sebanyak 16 responden dan masyarakat sekitar lokasi sebanyak 36 perusahaan.
- Latar belakang pendidikan: mayoritas SMA/ sederajat hingga perguruan tinggi.

Data ini menunjukkan bahwa mayoritas responden adalah masyarakat usia produktif yang membutuhkan akses mudah dan cepat terhadap informasi pemesanan unit perumahan.

2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi:

- Analisis kebutuhan → mengidentifikasi masalah pada proses manual dan menyusun kebutuhan fungsional serta non-fungsional sistem.
- Perancangan sistem → membuat desain arsitektur sistem, antarmuka pengguna (UI), dan struktur basis data.
- Implementasi sistem → membangun aplikasi berbasis Laravel 10 dan Livewire, dilengkapi Whatsapp Gateway untuk notifikasi otomatis.
- Pengujian sistem → dilakukan dengan *Black Box Testing* dan *UAT*, yang menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan sesuai spesifikasi dan diterima oleh pengguna dengan baik.

Hasil dari tahapan ini adalah sebuah Sistem Manajemen Pemesanan Perumahan berbasis *web* yang mampu meningkatkan efisiensi proses pemesanan, mengurangi kesalahan pencatatan, serta mempercepat komunikasi antara pengembang perumahan dan calon pembeli.

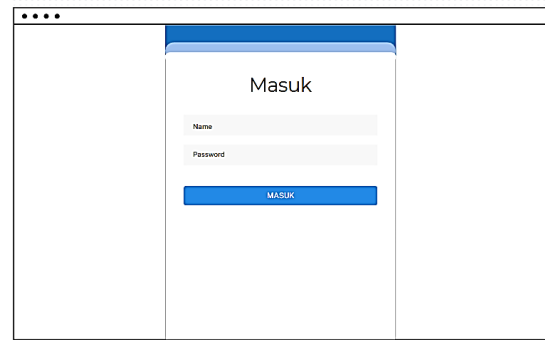
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa pengembangan sistem pemesanan rumah berbasis *web* dengan integrasi Whatsapp Gateway. Proses penelitian meliputi tahap pembuatan *mockup* sistem, desain *database*, pengujian sistem (*black-box* dan *white-box*), serta evaluasi melalui *User Acceptance Test (UAT)*. Pembahasan pada bagian ini difokuskan pada keakuratan implementasi sistem, kesesuaian dengan kebutuhan pengguna, serta perbandingan dengan penelitian terdahulu.

3.1 Mockup Sistem

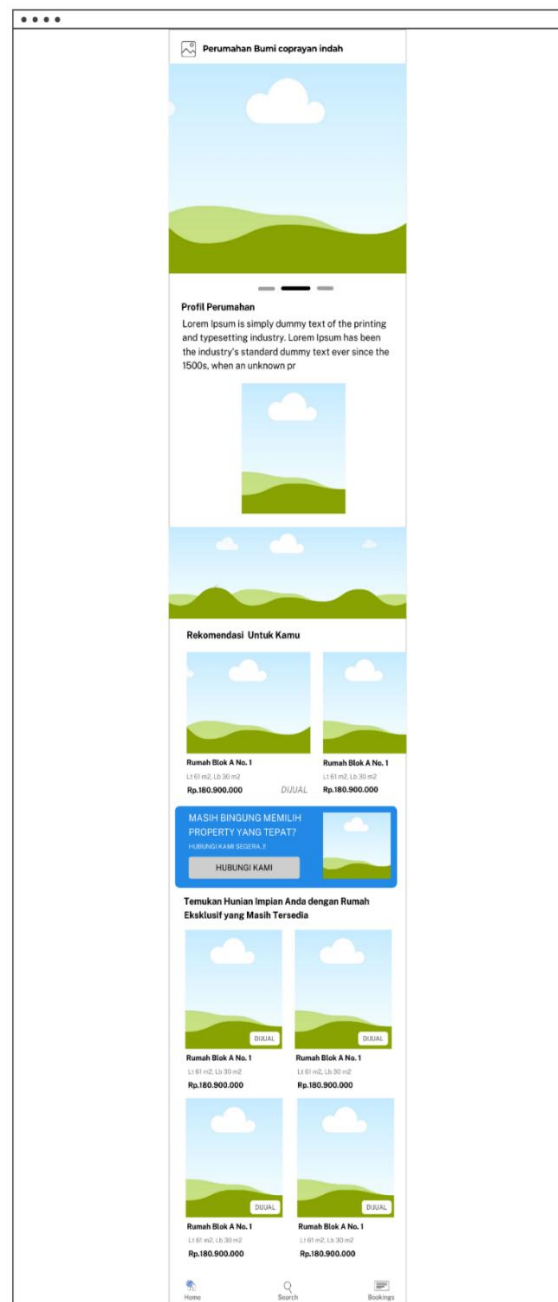
Mockup sistem digunakan sebagai rancangan awal antarmuka pengguna sebelum implementasi kode program. Tujuannya untuk memberikan gambaran visual mengenai alur penggunaan aplikasi dan memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna [14]. Pembuatan *mockup* sistem ini menggunakan aplikasi Canva. Melalui Canva, rancangan *mockup* dapat disusun secara visual, rapi, dan konsisten sehingga memudahkan proses komunikasi ide, validasi desain, serta penyempurnaan fitur sebelum tahap pengembangan sistem dilakukan.

Beberapa *mockup* yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar berikut.



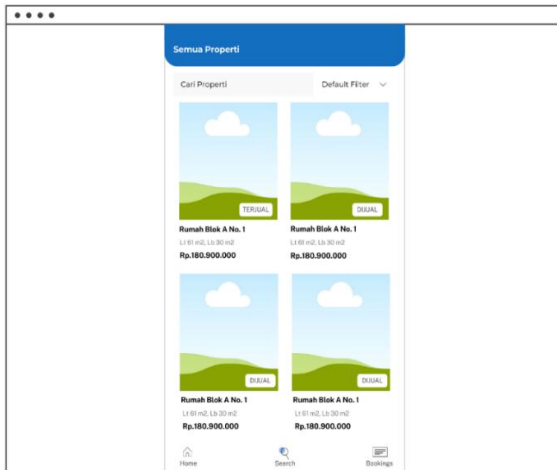
Gambar 1. Mockup Halaman Login

Berdasarkan pada Gambar 1, tampilan Halaman *Login* terdiri dari *input* nama dan *password* untuk masuk ke halaman selanjutnya.



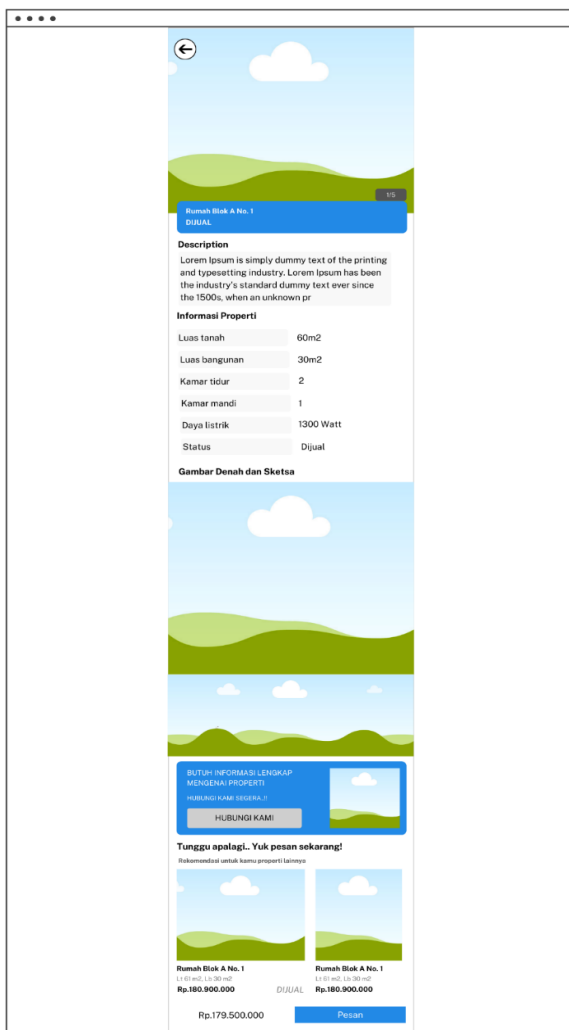
Gambar 2. Mockup Halaman Home

Berdasarkan pada Gambar 2, Halaman *Home* berisi navigasi, *slider* gambar, profil perumahan, brosur, rekomendasi rumah, serta tombol hubungi admin.



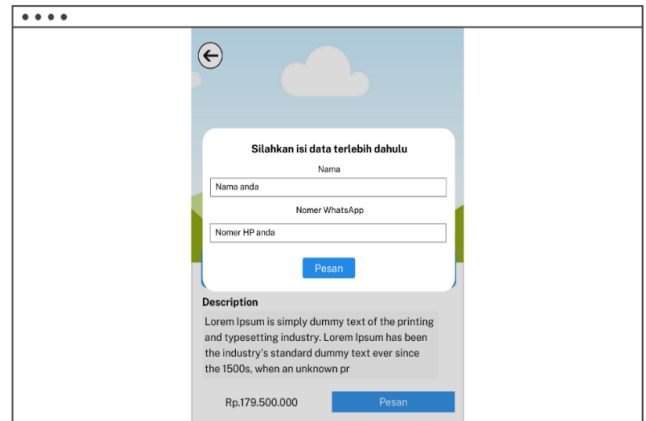
Gambar 3. Mockup Halaman Search

Berdasarkan pada Gambar 3, Halaman *Search* dengan filter harga dan daftar rumah untuk mencari produk yang diinginkan.



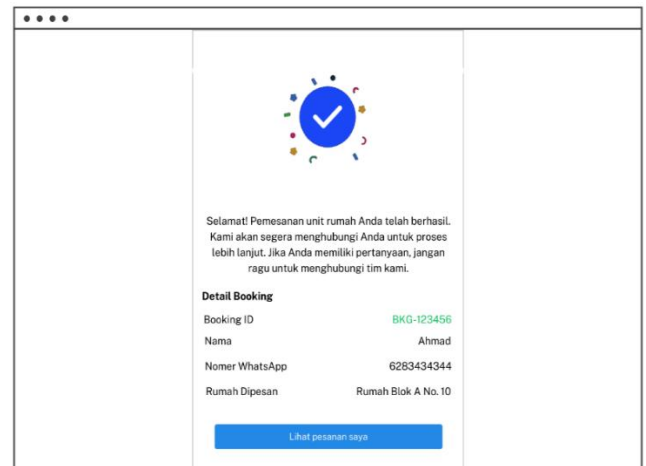
Gambar 4. Mockup Halaman Detail Rumah

Berdasarkan pada Gambar 4, Halaman Detail Rumah berisi foto unit, deskripsi, sketsa, tombol pemesanan, serta rekomendasi unit terkait.



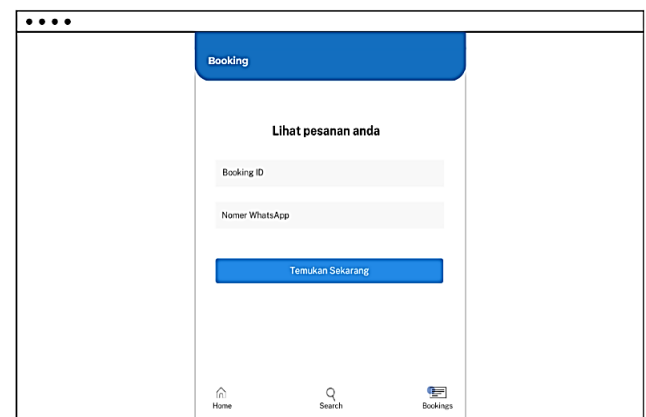
Gambar 5. Mockup Form Pemesanan Rumah

Berdasarkan pada Gambar 5, untuk melakukan pemesanan dapat dilakukan dengan *input* nama dan nomor Whatsapp.



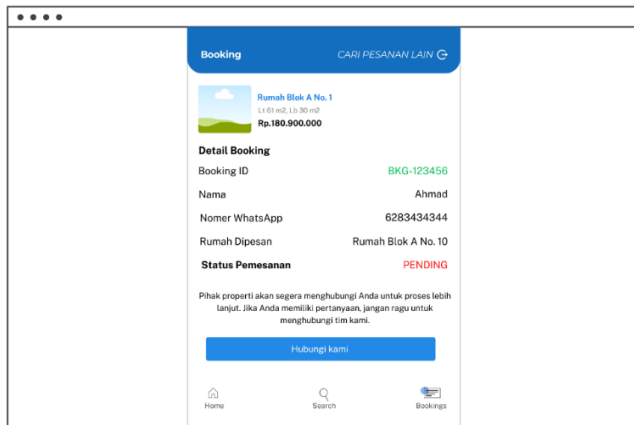
Gambar 6. Mockup Halaman Sukses

Berdasarkan pada Gambar 6, Halaman Sukses berisi detail booking dan navigasi menuju daftar pesanan.



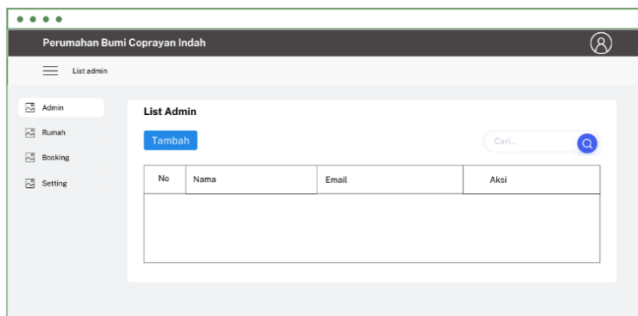
Gambar 7. Mockup Halaman Booking

Berdasarkan pada Gambar 7, untuk melihat pesanan dapat dilakukan di Halaman *Booking* dengan *input Booking ID* dan nomor Whatsapp.



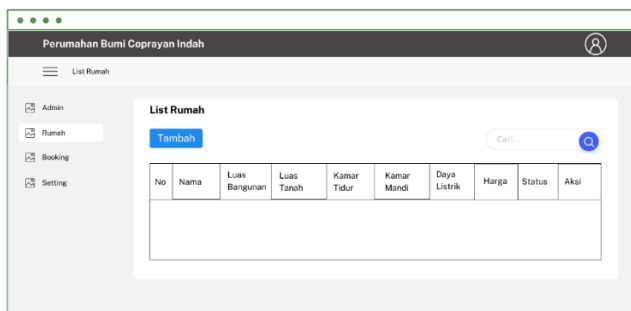
Gambar 8. Mockup Halaman Detail Pesanan Unit Rumah

Berdasarkan pada Gambar 8, Halaman Detail Pesanan Unit Rumah untuk mengetahui nama dan harga rumah, informasi detail *booking*, tombol untuk menghubungi admin perumahan, serta *navbar*.



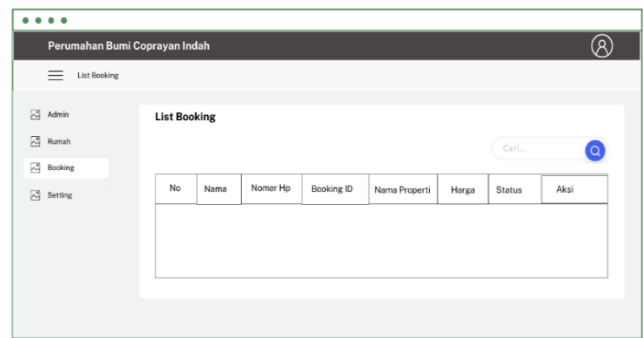
Gambar 9. Mockup Halaman List Admin

Berdasarkan pada Gambar 9, Halaman *Admin* digunakan untuk mengelola daftar admin, rumah, pesanan, dan pengaturan sistem.



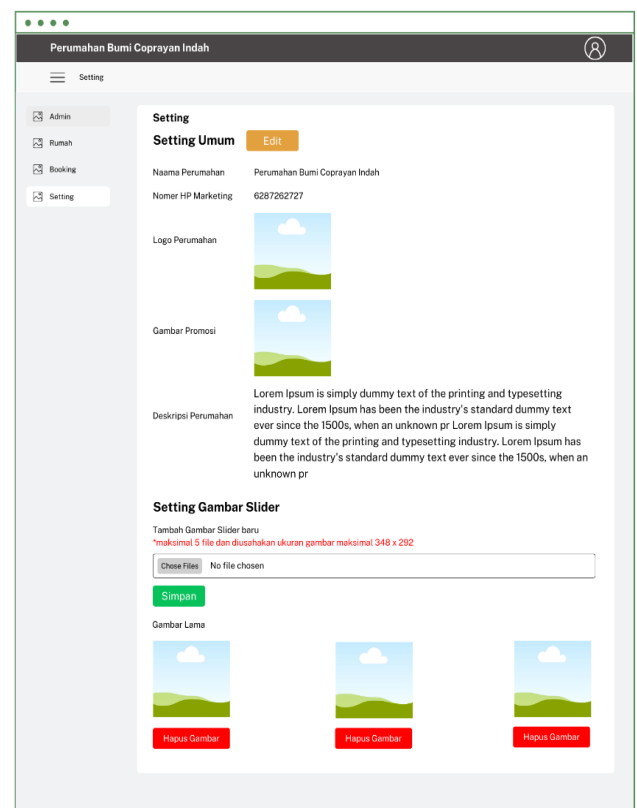
Gambar 10. Mockup Halaman List Rumah

Berdasarkan pada Gambar 10, Halaman *List Rumah* untuk mengetahui nama perumahan, *sidebar*, serta tabel yang menampilkan kolom nama rumah, luas bangunan, luas tanah, kamar tidur, kamar mandi, daya listrik, harga dan status rumah.



Gambar 11. Mockup Halaman List Booking

Berdasarkan pada Gambar 11, Halaman *List Booking* untuk mengetahui nama perumahan, *sidebar*, serta tabel yang menampilkan kolom nama *customer*, nomor *handphone*, *booking id*, nama properti, harga dan status.



Gambar 12. Mockup Halaman Setting

Berdasarkan pada Gambar 12, Halaman *Setting* untuk mengetahui nama perumahan, *sidebar*, serta pengaturan umum yang mencakup nama perumahan, nomor *handphone* admin, logo perumahan, gambar promosi, dan deskripsi perumahan. Selain itu, terdapat juga pengaturan untuk gambar *slider*.

3.2 Desain Database

Database dirancang untuk mendukung manajemen data pemesanan rumah secara terstruktur dan efisien. Terdapat tujuh tabel utama, yaitu *users*, *home_list*, *home_images*, *bookings*, *customers*, *settings*, dan *sliders*. Perancangan ini

mengikuti prinsip normalisasi untuk meminimalisir redundansi data[15].

Alur Data Sistem Pemesanan Rumah adalah sebagai berikut.

- a. Pengguna (*Admin/Staff*) login melalui tabel *Users* untuk mengelola data sistem.
- b. *Customer* mendaftar/mengisi data diri yang disimpan di tabel *Customers*.
- c. *Customer* memilih rumah dari *Home_list*, yang berisi detail informasi rumah (nama, luas, jumlah kamar, harga, status). Jika rumah dipilih, sistem juga dapat menampilkan gambar tambahan dari *Home_images*.
- d. Saat *Customer* melakukan pemesanan, sistem menyimpan data transaksi ke tabel *Bookings* dengan status awal *pending*.
 - 1) Relasi: setiap pemesanan menghubungkan satu *Customer* dengan satu *Home_list*.
 - 2) Sistem akan memperbarui status *booking* sesuai proses (*pending* → *process* → *accept*).
- e. Admin melalui *Users* dapat memverifikasi dan mengubah status pemesanan di *Bookings* sesuai perkembangan transaksi.
- f. *Settings* berfungsi sebagai penyedia informasi umum aplikasi, seperti nama perusahaan, kontak, deskripsi, dan logo.
- g. *Sliders* digunakan untuk menampilkan gambar promosi atau *banner* pada halaman utama aplikasi, mendukung kebutuhan informasi visual kepada calon pembeli.

3.3 Pengujian Black-Box

Pengujian *black-box* dilakukan untuk memastikan sistem mampu memproses *input* dan menghasilkan *output* sesuai harapan tanpa melihat kode program [16]. Pengujian sistem dilakukan pada beberapa fitur utama, meliputi menu *Admin*, *Rumah*, *Booking*, dan *Setting*. Pada menu *Admin*, sistem berhasil menampilkan *list*, menambah data, menampilkan pesan kesalahan saat *form* kosong, mengedit, dan menghapus data dengan baik. Pada menu *Rumah*, sistem juga mampu menampilkan *list*, menambah data, memvalidasi *input* kosong, mengedit, serta menghapus data sesuai harapan. Hal serupa berlaku pada menu *Booking*, di mana sistem dapat menampilkan *list*, mengedit, dan menghapus data dengan sukses. Pada menu *Setting*, sistem dapat menampilkan halaman, mengedit data, dan memperbarui perubahan dengan benar. Secara keseluruhan, seluruh pengujian pada 21 skenario menunjukkan hasil sukses sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian pada fungsi admin ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Halaman Admin

Menu	Fitur yang Diuji	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Admin	Menampilkan <i>list</i> , tambah data, validasi <i>form</i> kosong, edit, hapus	Seluruh skenario berhasil	Sukses
Rumah	Menampilkan <i>list</i> , tambah data, validasi <i>form</i> kosong, edit, hapus	Seluruh skenario berhasil	Sukses
Booking	Menampilkan <i>list</i> , edit, hapus	Seluruh skenario berhasil	Sukses
Setting	Menampilkan halaman, edit, memperbarui data	Seluruh skenario berhasil	Sukses

Total Pengujian : 21 skenario

Jumlah Berhasil : 21 skenario

Persentase Keberhasilan : 100% berhasil

Pengujian pada sisi calon pembeli meliputi pemilihan rumah, membaca detail, melakukan pemesanan, melihat pesanan, hingga memeriksa status pemesanan. Sistem berhasil menampilkan detail rumah, menyediakan *form* pemesanan, memproses pesanan hingga menampilkan halaman sukses dan mengirim notifikasi Whatsapp, serta menampilkan halaman *booking* dan status pesanan sesuai harapan. Semua pengujian berjalan sukses. Selanjutnya, hasil pengujian pada fungsi calon pembeli ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Pengujian Halaman Calon Pembeli

No	Fitur yang Diuji	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Menampilkan detail rumah	Sesuai harapan	Sukses
2	Menampilkan <i>form</i> pemesanan	Sesuai harapan	Sukses
3	Memproses pesanan & notifikasi Whatsapp	Sesuai harapan	Sukses
4	Menampilkan halaman <i>booking</i>	Sesuai harapan	Sukses
5	Menampilkan detail & status pemesanan	Sesuai harapan	Sukses

Total Pengujian : 5 skenario

Jumlah Berhasil : 5 skenario

Persentase Keberhasilan : 100% berhasil

Berdasarkan hasil tersebut, seluruh fungsi utama dinyatakan berhasil (sukses), sehingga sistem dapat berjalan sesuai kebutuhan.

3.4 Pengujian *White-Box*

White-box testing digunakan untuk mengevaluasi jalur logika program dengan metode *Cyclomatic Complexity* [17]. Hasil pengujian *Whitebox Login* ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Ringkasan Pengujian *Whitebox Login*

Jalur	Skenario	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form login kosong	Error validasi muncul	Sukses
2	Input data valid	Login berhasil, masuk ke admin	Sukses
3	Input data tidak valid	Error muncul, tetap di login	Sukses

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, secara keseluruhan terdapat tiga skenario yang diuji dan seluruhnya berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Nilai kompleksitas sistem sebesar 5 menunjukkan tingkat risiko yang tergolong rendah, sehingga sistem dapat diuji dan dipelihara dengan baik. Selanjutnya, hasil pengujian *Whitebox Booking* ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Ringkasan Pengujian *Whitebox Booking*

Jalur	Skenario	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Nomor Whatsapp tidak valid	Pesan error muncul	Sukses
2	Nomor valid, booking ID salah	Pesan error muncul	Sukses
3	Nomor dan booking ID valid	Data booking tampil & session tersimpan	Sukses

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, secara keseluruhan terdapat tiga skenario yang diuji dan seluruhnya berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Nilai kompleksitas sistem sebesar 5 menunjukkan tingkat risiko yang tergolong rendah, sehingga sistem dapat diuji dan dipelihara dengan baik.

Selanjutnya, hasil pengujian *Whitebox Booking* ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Ringkasan Pengujian *Whitebox Form* Pemesanan Rumah

Jalur	Skenario Utama	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1–3	Nomor/nama sudah digunakan	Pesan error muncul	Sukses
4	Rumah berstatus terjual	Pesan rumah tidak tersedia	Sukses

Jalur	Skenario Utama	Hasil Pengujian	Kesimpulan
5	User memesan rumah yang sama kembali	Pesan error booking ganda	Sukses
6	Pemesanan valid (rumah tersedia & belum pernah di pesan)	Pemesanan berhasil, notifikasi terkirim	Sukses
7	Rumah tidak dalam status pending	Pesan error status pemesanan	Sukses

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, secara keseluruhan terdapat tujuh skenario yang diuji dan seluruhnya berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Nilai kompleksitas sistem sebesar 16 menunjukkan bahwa tingkat risiko berada pada kategori sedang, sehingga sistem masih dapat diuji dan dipelihara dengan baik.

3.5 *User Acceptance Test (UAT)*

UAT dilakukan terhadap 50 responden yang terdiri dari masyarakat Pekalongan dan karyawan Perumahan Bumi Coprayan Indah. Responden menilai sistem menggunakan skala Likert 1–5. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 6 sebagai berikut.

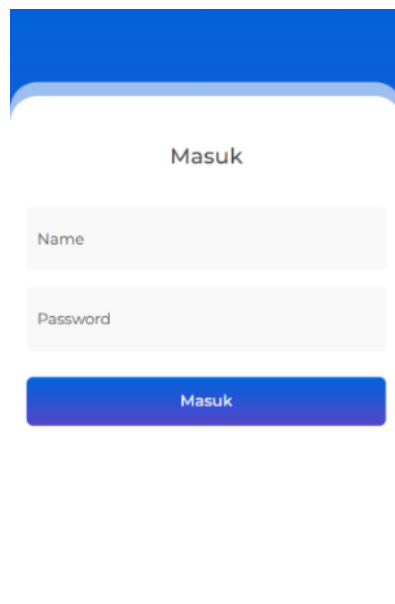
Tabel 6. Hasil UAT Sistem Pemesanan Rumah

No	Pertanyaan	Nilai				
		A (5)	B (4)	C (3)	D (2)	E (1)
1.	Mudah digunakan	18	20	7	3	2
2.	Antarmuka menarik	16	22	6	4	2
3.	Fitur pencarian membantu	20	18	7	3	2
4.	Whatsapp Gateway membantu	15	21	8	4	2
5.	Informasi pemesanan akurat	17	19	7	4	3
6.	Proses lebih efisien	14	20	10	4	2
7.	Kepuasan pengguna	18	19	8	3	2

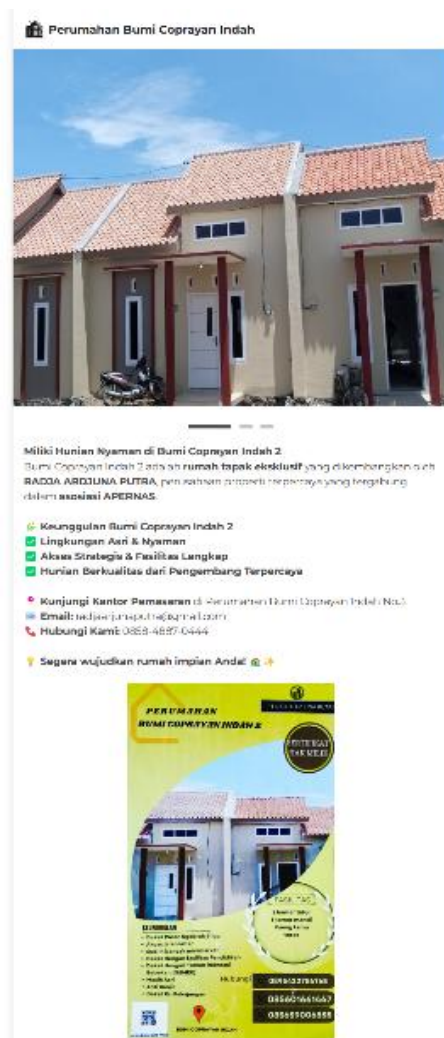
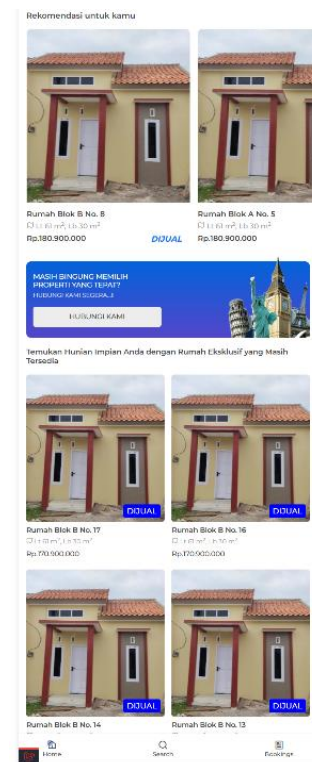
Berdasarkan Tabel 6, tingkat kepuasan pengguna berada pada kisaran 76%–80.4%, dengan skor tertinggi pada fitur pencarian rumah (80.4%), dan skor terendah pada efisiensi proses pemesanan (76%). Hal ini menunjukkan sistem sudah diterima dengan baik oleh pengguna.

3.6 Hasil Akhir Produk

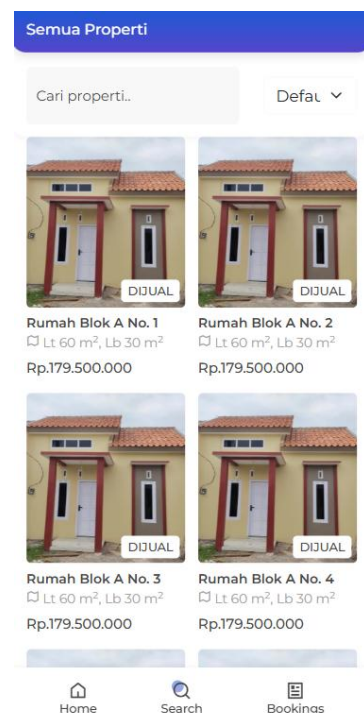
Produk akhir berupa aplikasi berbasis *web* untuk pemesanan rumah. Beberapa tampilan antarmuka utama ditunjukkan pada Gambar berikut.

Gambar 13. Halaman *Login*

Berdasarkan pada Gambar 13, tampilan halaman *login* terdiri dari *input* nama dan *password* untuk masuk ke halaman selanjutnya

Gambar 14. (a) Halaman *Home*Gambar 14. (b) Halaman *Home*

Berdasarkan pada Gambar 14, Halaman *Home* berisi navigasi, *slider* gambar, profil perumahan, brosur, rekomendasi rumah, serta tombol hubungi admin.

Gambar 15. Halaman *Search*

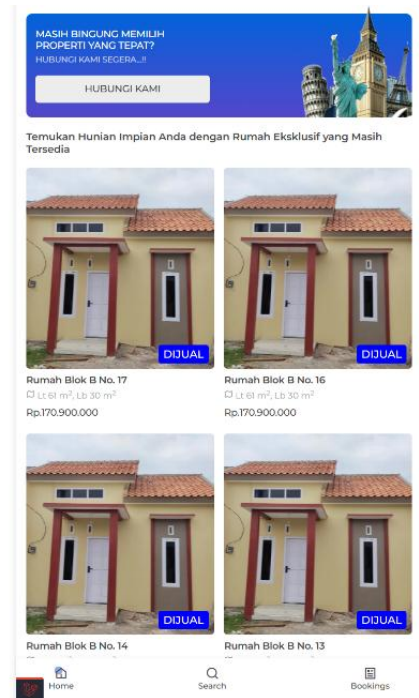
Berdasarkan pada Gambar 15, Halaman *Search* dengan filter harga dan daftar rumah untuk mencari produk yang diinginkan.



Gambar 16. (a) Halaman Detail Rumah

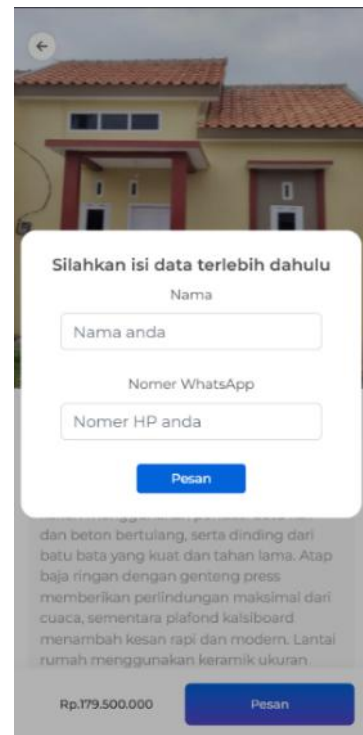


Gambar 16. (b) Halaman Detail Rumah



Gambar 16. (c) Halaman Detail Rumah

Berdasarkan pada Gambar 16, untuk melihat detail spesifikasi rumah dapat melihat di halaman detail rumah.



Gambar 17. *Form* Pemesanan Rumah

Berdasarkan pada Gambar 17, untuk melakukan pemesanan dapat dilakukan dengan *input* nama dan nomor Whatsapp.



Gambar 18. Halaman Sukses

Berdasarkan pada Gambar 18, Halaman Sukses berisi detail *booking* dan navigasi menuju daftar pesanan.

Aplikasi ini mempermudah pengembang dalam mengelola unit rumah dan pemesanan, sekaligus memberikan pengalaman interaktif bagi calon pembeli melalui notifikasi otomatis *Whatsapp Gateway*.

3.7 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yakni menyediakan platform pemesanan rumah yang praktis, interaktif, dan terintegrasi dengan *Whatsapp Gateway*. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan aplikasi berbasis web untuk mendukung proses pemesanan layanan secara daring [18].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada integrasi *Whatsapp Gateway*, yang terbukti meningkatkan komunikasi antara calon pembeli dengan pengembang secara lebih cepat dan efektif. Namun, masih ditemukan kendala pada efisiensi proses pemesanan, yang akan menjadi fokus pengembangan lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Sistem Manajemen Pemesanan Perumahan berbasis Laravel dan Livewire dengan *Whatsapp Gateway* telah berhasil dikembangkan dan terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pemesanan unit perumahan. Sistem ini mempermudah calon pembeli dalam melakukan pemesanan secara *online* dan memberikan notifikasi *real-time* melalui *Whatsapp*, sehingga mempercepat proses pemesanan unit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan dengan baik dan mendapatkan respons

positif dari pengguna. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan solusi digital yang modern dan efisien bagi pengembang perumahan dalam mengelola data pemesanan, meminimalkan kesalahan pencatatan, serta meningkatkan pengalaman pengguna dalam proses pembelian properti.

Sistem ini masih memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan fungsionalitas dan cakupan penggunaannya. Mengingat sistem saat ini hanya berfokus pada pemesanan unit perumahan dan notifikasi melalui *Whatsapp Gateway*, pengembangan ke depan dapat mencakup penambahan fitur pembayaran *online*, integrasi dengan sistem perbankan, serta pengelolaan data pelanggan secara lebih komprehensif. Selain itu, sistem juga dapat diperluas untuk digunakan pada proyek perumahan lain dan didukung oleh media notifikasi tambahan seperti email atau *push notification*. Dengan pengembangan tersebut, diharapkan sistem ini tidak hanya terbatas pada Perumahan Bumi Coprayan Indah, tetapi juga dapat diadaptasi secara lebih luas sebagai solusi digital pemesanan properti yang efektif dan modern.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada karyawan Perumahan Bumi Coprayan Indah Pekalongan yang telah berkenan menjadi responden dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada keluarga atas doa, motivasi, dan dukungan moral yang tiada henti, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Putra and R. D. Nugroho, "Digitalisasi sistem informasi pada sektor properti di Indonesia," *J. Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 115–124, 2018.
- [2] F. Rahman and T. Puspitasari, "Penerapan sistem informasi berbasis web untuk efisiensi layanan publik," *J. Teknol. Inf. dan Apl.*, vol. 12, no. 1, pp. 45–56, 2019.
- [3] R. Pratama, H. Susanto, and L. Kurniawan, "Pengembangan sistem informasi pemesanan properti berbasis web," *J. Rekayasa Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 13, no. 3, pp. 201–210, 2020.
- [4] W. Andriyan, S. Septiawan, and A. Aulya, "PERANCANGAN WEBSITE SEBAGAI MEDIA INFORMASI DAN PENINGKATAN," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 6, no. 2, pp. 79–88, 2020.
- [5] N. M. C. Utami, N. L. P. L. S. Setiawati, A. A. I. A. S. Komaladewi, and F. P. P. Setyawan, "Pengembangan sistem informasi akreditasi program studi berbasis web di fakultas teknik universitas udayana," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 11, no. 1, pp. 12–19, 2025.
- [6] A. Kurniawan and B. Setiawan, "Pengembangan sistem informasi pemesanan properti berbasis web," *J. Rekayasa Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 13, no. 3, pp.

- 201–210, 2020.
- [7] A. Darwin, S. Wibowo, and Y. Nurcahyo, “Aplikasi pemesanan asrama berbasis web dengan akses daring,” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 9, no. 2, pp. 75–82, 2019.
- [8] Prasetyo D. and M. Hidayat, “Implementasi framework Laravel dan Livewire dalam pengembangan aplikasi web interaktif,” *J. Teknol. Inf. dan Multimedia*, vol. 11, no. 2, pp. 99–108, 2021.
- [9] N. Lestari and D. Anggraeni, “Analisis persepsi pengguna menggunakan skala Likert dalam evaluasi sistem informasi,” *J. Manaj. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 33–41, 2019.
- [10] F. Wahyudi, “Pemanfaatan WhatsApp Gateway untuk sistem reservasi,” *J. Inform. dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 55–63, 2020.
- [11] S. Arifin, “Pengujian perangkat lunak menggunakan metode black-box,” *J. Rekayasa Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 7, no. 2, pp. 88–95, 2018.
- [12] B. Santoso, “White-box testing untuk evaluasi kualitas perangkat lunak,” *J. Sist. Inf. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 5, no. 3, pp. 144–151, 2019.
- [13] T. Nugraha, “User acceptance test pada implementasi sistem informasi,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 15, no. 2, pp. 121–129, 2021.
- [14] S. P. Rahayu and M. A. Saputra, “Perancangan mockup antarmuka pengguna dalam pengembangan aplikasi web,” *J. Desain Interak. dan User Exp.*, vol. 4, no. 1, pp. 12–20, 2020.
- [15] I. Mulyono, “Normalisasi basis data dalam perancangan sistem informasi,” *J. Teknol. Basis Data*, vol. 9, no. 1, pp. 45–54, 2018.
- [16] H. Kurniasih, “Penerapan metode black-box testing pada pengujian aplikasi berbasis web,” *J. Inform. dan Sains Komput.*, vol. 11, no. 2, pp. 77–86, 2020.
- [17] D. Prakoso, “Analisis white-box testing menggunakan Cyclomatic Complexity,” *J. Rekayasa Perangkat Lunak dan Sist.*, vol. 8, no. 3, pp. 133–141, 2019.
- [18] L. Hartono and E. Susilawati, “Pemanfaatan sistem reservasi berbasis web untuk layanan daring,” *J. Sist. Inf. Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 187–196, 2021.



PERBANDINGAN ALGORITMA SVM DAN *DECISION TREE* UNTUK ANALISIS SENTIMEN ULASAN GOOGLE MAPS WISATA GUCI

Gilang Fajar Al-Fatih¹, Reza Dwi Cahya Kurniawan²

^{1,2} Informatika, Universitas Muhammadiyah Tegal
 Tegal, Jawa Tengah, Indonesia 52464
gilangfajar505@umtegal.ac.id, rezadck@umtegal.ac.id

Abstract

Online reviews on digital platforms significantly influence tourist decision-making. This study performs sentiment analysis on visitor reviews of the Guci Hot Spring tourist destination using machine learning algorithms. A total of 1,127 reviews were collected from Google Maps and preprocessed through cleaning, case folding, normalization, tokenization, stop-word removal, and duplicate elimination. Sentiment labelling was performed using a lexicon-based approach, classifying reviews into positive, negative, and neutral categories. The dataset was split into 80% for training and 20% for testing. Two algorithms were compared: Support Vector Machine (SVM) and Decision Tree (DT). Performance evaluation employed accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. Results show that SVM outperforms Decision Tree, achieving 69.9% accuracy and 0.680 macro-average F1-score, compared to Decision Tree's 64.2% accuracy and 0.622 macro-average F1-score. These findings demonstrate that SVM is more effective in handling high-dimensional text data, particularly in distinguishing ambiguous neutral-class reviews. This research provides valuable insights for tourism management to improve service quality based on visitor sentiment patterns.

Keywords: *Decision Tree, Google Maps, Guci Hot Spring, Sentiment Analysis, SVM*

Abstrak

Ulasan daring pada platform digital semakin memengaruhi pengambilan keputusan wisatawan. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis sentimen terhadap ulasan pengunjung destinasi wisata Pemandian Air Panas Guci menggunakan algoritma *machine learning*. Sebanyak 1.127 ulasan dikumpulkan dari Google Maps dan diproses melalui tahapan *preprocessing* meliputi *cleaning*, *case folding*, *normalisasi*, *tokenisasi*, *stopword removal*, serta penghapusan data duplikat dan kosong. Pelabelan sentimen dilakukan menggunakan metode *lexicon-based* dengan tiga kategori: positif, negatif, dan netral. Dataset dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji, kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *Decision Tree* (DT). Evaluasi menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SVM memberikan performa lebih baik dengan akurasi 69,9% dan *macro-average F1-score* sebesar 0,680, dibandingkan *Decision Tree* dengan akurasi 64,2% dan *macro-average F1-score* sebesar 0,622. Temuan ini membuktikan bahwa SVM lebih efektif menangani data teks berdimensi tinggi, khususnya dalam membedakan ulasan netral yang bersifat ambigu. Penelitian ini memberikan wawasan berharga bagi pengelola wisata untuk meningkatkan kualitas layanan berdasarkan pola sentimen pengunjung.

Kata kunci: Analisis Sentimen, *Decision Tree*, Google Maps, SVM, Wisata Guci

1. PENDAHULUAN

Analisis sentimen merupakan salah satu cabang *text mining* yang banyak digunakan untuk memahami opini publik dari data berbasis teks. Metode ini telah banyak diterapkan pada berbagai domain, mulai dari ulasan aplikasi layanan digital [1], *e-commerce*, hingga pariwisata [2]. Kehadiran ulasan online seperti di Google Maps menjadi salah satu sumber informasi penting yang memengaruhi keputusan calon pengunjung dalam memilih destinasi wisata.

Pemandian Air Panas Guci di Kabupaten Tegal merupakan salah satu destinasi wisata populer yang banyak mendapatkan ulasan dari pengunjung. Ulasan tersebut mengandung informasi berharga terkait kepuasan, kritik, maupun saran terhadap fasilitas dan layanan wisata. Namun, banyaknya jumlah ulasan membuat sulit untuk menganalisis secara manual, sehingga dibutuhkan pendekatan komputasi seperti analisis sentimen [3].

Penelitian terdahulu telah banyak menerapkan *machine learning* dan *deep learning* untuk analisis sentimen ulasan digital maupun pariwisata. Pada penelitian [1] menggunakan metode Bi-LSTM dan Word2Vec pada ulasan aplikasi Identitas Kependudukan Digital (IKD) dan berhasil mencapai akurasi di atas 96%, meskipun penelitian tersebut masih terbatas pada domain layanan aplikasi pemerintah digital. Pada sektor pariwisata, pada penelitian [4] melakukan analisis sentimen terhadap ulasan destinasi wisata di Kota Tegal menggunakan algoritma *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*, dengan akurasi tertinggi sebesar 77,50% pada *Naïve Bayes*. Sementara itu, pada penelitian [5] membandingkan algoritma SVM dan *Decision Tree* untuk sistem rekomendasi wisata Yogyakarta dan menunjukkan bahwa SVM memiliki performa lebih unggul dengan akurasi mencapai 98,97%.

Selanjutnya, beberapa penelitian pada sektor pariwisata juga telah menerapkan analisis sentimen berbasis ulasan Google Maps. Penelitian oleh Arianto dkk. menganalisis sentimen destinasi wisata Borobudur dan Prambanan menggunakan pendekatan *Aspect-Based Sentiment Analysis* pada ulasan berbahasa campuran (*code-mixed*), dan hasilnya mampu mengidentifikasi aspek yang paling sering memperoleh respons negatif dari wisatawan [6].

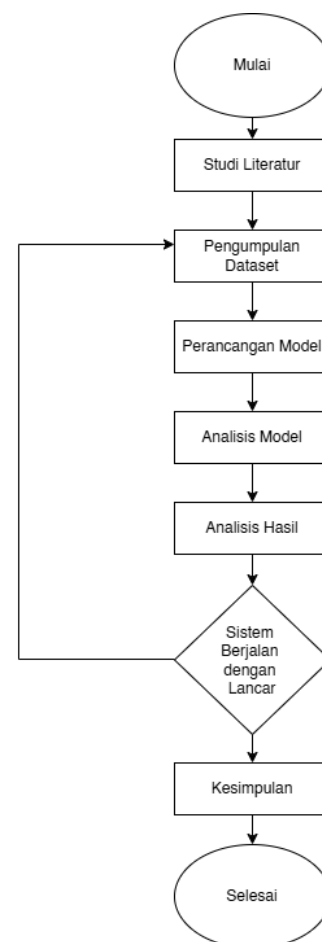
Selain itu, Ipmawati dkk. menerapkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk analisis sentimen tempat wisata yang diulas pada Google Maps dan menunjukkan bahwa SVM memberikan performa klasifikasi yang cukup baik dalam membedakan sentimen positif dan negatif [7].

Di sisi lain, Rahman dkk. menggunakan metode *Decision Tree* untuk klasifikasi sentimen objek wisata dan menemukan bahwa akurasi model sangat bergantung pada kualitas *preprocessing* serta representasi fitur teks [8]. Ketiga studi ini memperlihatkan bahwa Google Maps merupakan sumber data yang relevan dalam mengetahui persepsi wisatawan secara langsung, serta SVM dan *Decision Tree* merupakan algoritma yang umum digunakan dalam pemodelan sentimen di bidang pariwisata.

Berdasarkan celah penelitian yang ada, mayoritas studi hanya mengklasifikasikan polaritas sentimen (positif, negatif, atau netral) tanpa mengaitkan opini dengan aspek layanan secara spesifik. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dengan menerapkan analisis sentimen berbasis aspek *Aspect-Based Sentiment Classification* (ABSC) pada ulasan Google Maps Wisata Pemandian Air Panas Guci serta membandingkan performa klasifikasi antara algoritma SVM dan *Decision Tree*. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait persepsi wisatawan, sebagai dasar evaluasi dalam peningkatan kualitas pelayanan wisata, serta memperkaya kajian akademik tentang penerapan *machine learning* dalam sektor pariwisata lokal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan berbagai langkah yang dimulai dari pengumpulan data ulasan Google Maps pada destinasi Wisata Pemandian Air Panas Guci, dilanjutkan dengan proses pra-pemrosesan data meliputi pembersihan teks, translasi bahasa, *case folding*, normalisasi, tokenisasi, serta penghapusan *stopword*. Selanjutnya, label sentimen diklasifikasikan ke dalam tiga kategori positif, negatif, dan netral menggunakan pendekatan yang berbasis kosa kata dan ekstraksi aspek dengan metode *Aspect-Based Sentiment Classification* (ABSC). Data yang telah diproses kemudian dibagi menjadi data latih dan data uji, sebelum diklasifikasikan menggunakan algoritma SVM dan *Decision Tree*. Hasil dari tes dievaluasi dengan metrik akurasi, *confusion matrix*, serta *classification report*, kemudian divisualisasikan dalam bentuk *WordCloud*, frekuensi kata, dan analisis *N-Gram* untuk memberikan gambaran mendalam terkait opini wisatawan.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

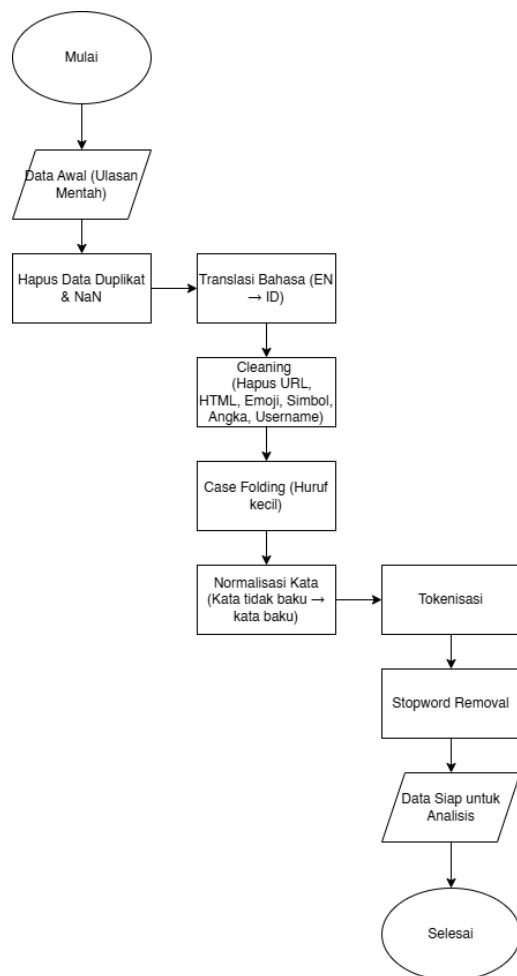
Proses penelitian digambarkan secara bertahap di Gambar 1. Pada diagram, titik awal adalah Mulai (*oval*). Pertama, penelitian literatur yang berkelanjutan dilakukan untuk mempelajari penelitian sebelumnya dan teknik yang relevan. Selanjutnya dilakukan Pengumpulan *Dataset* (persegi panjang), proses pengambilan ulasan dan penilaian dari Google Maps. Tahap ini dilanjutkan ke tahap Perancangan Model (persegi panjang), yang mencakup

konfigurasi eksperimen, pemilihan metode (SVM dan *Decision Tree*), dan pemilihan fitur. Setelah model dirancang, dilakukan Analisis Model (persegi panjang), yang melibatkan pelatihan dan pengujian model pada data latih dan uji. Tahap Analisis Hasil (persegi panjang) kemudian memasukkan analisis aspek, visualisasi, dan metrik performa (akurasi, ketepatan, *recall*, skor F1).

Pada titik berikutnya, terdapat sebuah keputusan (belah ketupat) bertuliskan Sistem Berjalan dengan Lancar yang mengevaluasi apakah model atau sistem telah berjalan sesuai harapan. Jika jawaban adalah ya, alur dilanjutkan ke Kesimpulan (persegi panjang) dan berakhir pada Selesai (*oval*). Jika jawaban adalah tidak, diagram menunjukkan alur balik (panah kembali) menuju tahap Pengumpulan *Dataset* untuk melakukan perbaikan siklus atau pemutakhiran data. Tindakan seperti penambahan data, perbaikan *preprocessing*, atau pengaturan model dilakukan sebelum mengulangi proses perancangan dan analisis. Alur balik ini menekankan sifat iteratif penelitian, yang berarti perbaikan berulang hingga model menjadi cukup efektif.

2.1. Pemrosesan Data

Penelitian ini menerapkan tahapan pemrosesan data secara menyeluruh, yang ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai representasi Diagram Alir Pemrosesan Data.



Gambar 2. Diagram Alir Pemrosesan Data

Proses pemrosesan data pada penelitian ini dimulai dari penghapusan data duplikat dan data kosong, kemudian ulasan berbahasa Inggris diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia. Selanjutnya dilakukan pembersihan teks dengan menghapus URL, *tag* HTML, emoji, simbol, angka, dan *username*, disertai *case folding* untuk menyeragamkan huruf menjadi kecil. Tahap berikutnya mencakup normalisasi kata, tokenisasi, serta *stopword removal* sehingga diperoleh data yang bersih dan siap untuk dianalisis lebih lanjut.

2.1.1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil ulasan dari platform Google Maps yang terkait dengan destinasi Wisata Pemandian Air Panas Guci di Kabupaten Tegal. Data yang diperoleh berupa teks ulasan yang ditulis langsung oleh pengunjung serta informasi tambahan berupa *rating* bintang yang diberikan pada lokasi tersebut. Proses pengambilan data dilakukan secara otomatis menggunakan pustaka Python Selenium [9], yang berfungsi untuk melakukan *web scraping* sehingga seluruh ulasan dapat diunduh dan disimpan dalam bentuk *dataset* [10]. Hasil dari tahap ini berupa kumpulan data mentah yang kemudian akan diproses lebih lanjut pada tahap pra-pemrosesan sebelum digunakan untuk analisis sentimen.

2.1.2. Proses Hapus Data Duplikat

Tahap awal yang dilakukan setelah data terkumpul adalah penghapusan data duplikat. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa tidak ada ulasan yang muncul lebih dari satu kali di dalam *dataset*. Keberadaan data duplikat dapat menimbulkan bias dalam analisis karena ulasan yang sama akan dihitung berulang kali sehingga memengaruhi distribusi kelas sentimen maupun performa model klasifikasi. Dengan menghapus data yang berulang, kualitas *dataset* menjadi lebih representatif dan hasil analisis dapat mencerminkan kondisi sebenarnya [11].

2.1.3. Translasi Bahasa (EN – IND)

Dalam tahap ini dilakukan proses translasi bahasa dari ulasan yang diterjemahkan dari bahasa Inggris ke bahasa Indonesia. Hal ini penting karena sebagian pengunjung wisata menggunakan Bahasa Inggris dalam menuliskan ulasan di Google Maps, sementara analisis sentimen dalam penelitian ini difokuskan pada Bahasa Indonesia. Proses translasi dilakukan secara otomatis dengan bantuan pustaka Python yang memanfaatkan layanan *translation API*, sehingga seluruh teks ulasan dapat diseragamkan dalam satu bahasa. Dengan adanya translasi, data yang digunakan menjadi lebih konsisten dan meminimalisasi kesalahan interpretasi makna kata akibat perbedaan bahasa [12].

2.1.4. Pra-Pemrosesan Data

Pra-pemrosesan teks atau *text preprocessing* merupakan tahapan awal yang berfungsi untuk mengolah teks mentah menjadi bentuk yang lebih terstruktur sehingga siap

digunakan dalam analisis. Tahap ini memiliki peran penting dalam bidang *Natural Language Processing* (NLP) karena menentukan kualitas hasil pengolahan data teks [13]. Tujuan utama pra-pemrosesan teks adalah untuk membersihkan, menyeragamkan, dan menyederhanakan data teks mentah agar dapat diproses lebih efektif oleh algoritma *Natural Language Processing* (NLP) maupun *machine learning*. Melalui tahapan seperti *cleaning*, *case folding*, *normalisasi*, *tokenisasi*, dan *stopword removal*, teks diubah menjadi format yang lebih terstruktur sehingga dapat mengurangi *noise*, meningkatkan konsistensi data, serta memperbaiki kualitas representasi teks untuk analisis lebih lanjut [14].

a. *Cleaning*

Pada tahap ini, ulasan dibersihkan dari elemen-elemen yang tidak relevan, seperti *Uniform Resource Locator* (URL), *HTML tag*, emoji, simbol, angka, maupun *username*. Tujuannya adalah agar data yang digunakan hanya berfokus pada teks ulasan yang mengandung opini [15].

b. *Case Folding*

Case folding adalah tahap pra-pemrosesan teks yang berfungsi untuk menyeragamkan penulisan huruf pada ulasan dengan cara mengubah seluruh huruf diubah menjadi huruf kecil (*lowercase*). Proses ini dilakukan agar kata dengan bentuk huruf berbeda tetapi memiliki makna sama, seperti “Bagus”, “BAGUS”, dan “bagus”, diperlakukan sebagai satu kata yang identik. Dengan demikian, jumlah variasi kata yang tidak perlu dapat dikurangi, sehingga analisis menjadi lebih efisien dan hasil klasifikasi lebih akurat [16].

c. Normalisasi Kata

Normalisasi kata adalah proses mengubah kata yang tidak baku, singkatan, maupun kata gaul menjadi bentuk kata baku sesuai dengan kaidah bahasa. Tahap ini penting karena ulasan pengguna sering kali menggunakan bahasa informal, singkatan, atau ejaan yang tidak sesuai standar. Contohnya, kata “gk”, “nggak”, atau “ga” *dinormalisasi* menjadi “tidak”, dan kata “bgt” menjadi “banget”. Dengan adanya normalisasi, variasi penulisan kata yang merujuk pada makna sama dapat diminimalisasi, sehingga data menjadi lebih konsisten dan memudahkan algoritma dalam mengenali pola teks. Normalisasi juga membantu meningkatkan akurasi analisis sentimen karena kata yang digunakan lebih terstruktur dan seragam [17].

d. Tokenisasi

Tokenisasi adalah proses memecah teks ulasan menjadi unit-unit terkecil berupa kata, frasa, atau simbol yang disebut token. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan kalimat panjang menjadi potongan kata yang lebih sederhana, sehingga memudahkan dalam analisis dan perhitungan frekuensi kata. Misalnya, kalimat “Pemandangannya indah sekali” akan diubah menjadi

token: [“pemandangannya”, “indah”, “sekali”]. Dengan tokenisasi, setiap kata dapat dianalisis secara individual untuk melihat kontribusinya terhadap sentimen yang dikandung dalam ulasan. Tahap ini menjadi sangat penting karena sebagian besar algoritma *Natural Language Processing* (NLP) bekerja dengan representasi kata sebagai unit analisis dasar [18].

e. *Stopword Removal*

Stopword removal adalah proses menghapus kata-kata umum yang sering muncul dalam teks namun tidak memiliki makna penting dalam analisis, seperti “yang”, “dan”, “di”, “ke”, atau “dengan”. Kata-kata tersebut biasanya tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap penentuan sentimen karena hanya berfungsi sebagai kata penghubung atau penunjang kalimat. Dengan menghapus *stopword*, jumlah kata dalam *dataset* dapat diperkecil, sehingga mempercepat proses komputasi dan membuat analisis lebih fokus pada kata-kata bermakna yang benar-benar memengaruhi sentimen. Tahap ini juga membantu mengurangi *noise* pada data dan meningkatkan kualitas representasi teks untuk digunakan pada algoritma klasifikasi [19].

2.1.5. Pelabelan Sentimen

Tahap pelabelan data bertujuan untuk menentukan kelas sentimen dari setiap ulasan yang telah melalui proses pra-pemrosesan. Pada penelitian ini digunakan metode *lexicon-based*, yaitu pendekatan yang memanfaatkan kamus kata (*lexicon*) berisi daftar kata dengan bobot sentimen positif maupun negatif. Kata-kata dalam ulasan dicocokkan dengan daftar *lexicon* tersebut untuk menghitung skor sentimen secara keseluruhan.

Hasil dari proses pelabelan ini membagi ulasan ke dalam tiga kelas sentimen (*3-Class*), yaitu positif, negatif, dan netral. Ulasan dikategorikan positif apabila skor kata yang mengandung sentimen positif lebih dominan, dikategorikan negatif apabila kata-kata bernilai negatif lebih mendominasi, dan dikategorikan netral apabila tidak ada dominasi yang jelas di antara keduanya. Dengan pendekatan ini, pelabelan dapat dilakukan secara otomatis tanpa harus melakukan anotasi manual, sehingga lebih efisien untuk *dataset* dengan jumlah besar [20].

2.1.6. *Aspect-Based Sentiment Classification* (ABSC)

Aspect-Based Sentiment Classification (ABSC) digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis sentimen tidak hanya berdasarkan polaritas (positif, negatif, netral), tetapi juga mengaitkan opini dengan aspek tertentu dari Wisata Pemandian Air Panas Guci. Aspek yang ditinjau meliputi fasilitas, kenyamanan/pengalaman wisatawan, serta harga dan aksesibilitas. Dengan metode ini, kata kunci dalam ulasan seperti “toilet”, “parkir”, atau “nyaman” dipetakan ke dalam aspek yang sesuai sehingga dapat diketahui bagian mana yang paling diapresiasi atau dikritik. Pendekatan ini

memberikan wawasan lebih mendalam karena tidak hanya menunjukkan kecenderungan sentimen secara umum, tetapi juga mengidentifikasi aspek spesifik yang perlu ditingkatkan atau dipertahankan oleh pengelola wisata [21].

2.1.7. *Splitting* Data (80% Latih, 20% Uji)

Tahap *splitting* data dilakukan untuk membagi *dataset* yang telah melalui proses pra-pemrosesan dan pelabelan menjadi dua bagian, yaitu data latih (*training set*) dan data uji (*testing set*). Pada penelitian ini digunakan perbandingan 80% data latih dan 20% data uji. Data latih digunakan untuk membangun dan melatih model klasifikasi sehingga algoritma dapat mempelajari pola dari ulasan yang ada. Sementara itu, data uji digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan prediksi pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Teknik ini bertujuan untuk menghindari *overfitting* serta memastikan model yang dihasilkan memiliki kemampuan generalisasi yang baik pada data baru [22].

2.1.8. Klasifikasi

a. *Support Vector Machine* (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu algoritma *supervised machine learning* yang dapat digunakan baik untuk klasifikasi maupun regresi [23]. Prinsip utama SVM adalah mencari *hyperplane* terbaik yang memisahkan data antar kelas. Pada kasus data *non-linier*, SVM melakukan transformasi data ke ruang berdimensi lebih tinggi melalui prosedur yang dikenal sebagai *kernel trick*. Karakteristik kernel memungkinkan datanya divisualisasikan dari sudut pandang sederhana hingga ke representasi yang lebih kompleks [24]. Beberapa jenis kernel yang umum digunakan dalam SVM adalah *kernel linear*, *kernel polynomial*, *kernel Gaussian Radial Basis Function (RBF)*, dan *kernel sigmoid*. Persamaan untuk masing-masing kernel adalah sebagai berikut:

1) *Kernel Linear*

$$K(x_i, x) = x_i x$$

2) *Kernel RBF*

$$K(x_i, x) = \exp \left(\frac{-||x_i - x||^2}{2\sigma^2} \right)$$

3) *Kernel Polynomial*

$$K(x_i, x) = (x_i x)^d$$

4) *Kernel Sigmoid*

$$K(x_i, x) = \tanh(\sigma(x_i x) + c)$$

Keterangan:

x_i dan x adalah data pada data pelatihan, parameter σ adalah *sigma*, kompleksitas C adalah derajat, d adalah

degree, dan $-||x_i - x||^2$ merupakan kuadrat dari jarak total *vector* x_i dan x .

b. *Decision Tree*

Algoritma pohon keputusan, juga dikenal sebagai "Pohon Keputusan", didasarkan pada nilai informasi yang diperoleh. Metode untuk memilih atribut sesuai dengan pencapaian tujuan kelas yang bergantung pada penyelesaian objek. Algoritma ini menghasilkan akar dari pohon keputusan, yaitu dari atribut yang dipilih. Aspek yang memiliki nilai informasi yang paling besar adalah atribut akar dari pohon keputusan [25]. Persamaan untuk menghitung *entropy* dan *gain* data adalah sebagai berikut:

- 1) Mengumpulkan data pelatihan, yang dapat dikategorikan ke dalam kelompok tertentu, dan
- 2) Gunakan persamaan berikut untuk menghitung *entropy* setiap fitur:

$$Entropy(S) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Di mana:

S = Total Kasus

n = Jumlah partisi S

p_i = Jumlah kasus total dibagi dengan jumlah kelas adalah probabilitas

- 3) Menggunakan persamaan untuk menghitung informasi gain dari setiap atribut:

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy(S_i)$$

Di mana:

S = Total Kasus

A = Atribut

n = Jumlah partisi S

$|S_i|$ = Jumlah partisi ke i

$|S|$ = Jumlah kasus dalam S

- 4) Selanjutnya, hitung rasio keuntungan dengan menggunakan istilah *Split Information*, rumusnya:

$$split\ information = -\sum_{t=1}^c \frac{s_1}{s} \log_2 \frac{s_1}{s}$$

- 5) Kemudian hitunglah *gain ratio*

$$gainratio(S, A) = \frac{Gain(S, A)}{SplitInformation(S, A)}$$

- 6) Ulangi langkah kedua sampai semua rekaman terkumpul.

2.1.9. Evaluasi Model (Akurasi, *Confusion Matrix*, *Classification Report*)

Evaluasi model dalam analisis sentimen biasanya menggunakan metrik seperti akurasi, *confusion matrix*, dan *classification report* yang sangat penting untuk mengukur performa model klasifikasi.

- Akurasi mengukur persentase prediksi yang benar dari keseluruhan data. Nilai ini memberikan gambaran umum seberapa baik model melakukan klasifikasi [26].
- Confusion Matrix* adalah tabel yang menunjukkan jumlah prediksi benar dan salah per kelas, memberikan rincian kesalahan model terhadap kategori tertentu (positif, negatif, netral). Ini membantu mengidentifikasi kelas yang sulit diprediksi [27].
- Classification Report* menyediakan metrik lengkap seperti *precision* (ketepatan), *recall* (kelengkapan), dan *F1-score* (harmonik antara *precision* dan *recall*) untuk setiap kelas, sehingga evaluasi menjadi lebih komprehensif [28].

2.1.10. Visualisasi

Visualisasi dalam analisis sentimen ulasan wisata sering menggunakan tiga metode utama yaitu *WordCloud*, Frekuensi Kata, dan *N-Gram* untuk memberikan gambaran visual dan statistik mengenai kata atau frasa yang paling sering muncul.

- WordCloud* adalah visualisasi yang menampilkan kata-kata yang sering muncul dalam teks dengan ukuran proporsional terhadap frekuensinya. Misalnya, kata “indah”, “wisata”, “pantai”, dan “alam” sering muncul dalam ulasan wisata dan divisualisasikan untuk menunjukkan aspek yang dominan dalam ulasan wisatawan. *WordCloud* membantu mengidentifikasi tema utama yang disorot oleh pengunjung [29].
- Frekuensi Kata mengukur banyaknya kemunculan setiap kata dalam ulasan. Ini memberikan data statistik yang lebih terperinci dan digunakan untuk memperkuat wawasan dari *WordCloud*. Frekuensi kata membantu menentukan kata-kata penting yang berkontribusi terhadap sentimen secara keseluruhan [30].
- N-Gram* adalah teknik yang mengelompokkan kata dalam urutan berpasangan (*bi-gram*), tiga kata (*tri-gram*), atau lebih, untuk menangkap konteks frasa daripada hanya kata individual. Dalam analisis sentimen wisata, *N-Gram* bisa menunjukkan pola seperti “harga tiket mahal” atau “pelayanan sangat baik” yang memberikan wawasan lebih spesifik tentang opini pengunjung [30].

Gabungan ketiga teknik ini membantu memberikan pemahaman yang lebih baik dan menyeluruh tentang ulasan pengunjung, mendukung analisis sentimen yang lebih akurat dan informatif dalam bidang pariwisata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengumpulan Data

Data ulasan diperoleh dari Google Maps pada lokasi Pemandian Air Panas Guci, Kabupaten Tegal, dengan menggunakan pustaka Python Selenium yang secara otomatis mengekstraksi teks ulasan (*review text*) dan *rating* bintang (*stars*). Seluruh data disimpan dalam format CSV untuk diolah lebih lanjut menggunakan pustaka *pandas*. *Dataset* yang diperoleh berisi kombinasi ulasan positif, negatif, dan netral yang ditulis langsung oleh pengunjung beserta *rating* bintang yang mereka berikan. Ringkasan hasil *scraping* ulasan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh dan *Rating* pada *Dataset*

ulasan	Rating
Kalau datang pagi-pagi, udaranya dingin banget...	4
Tempat berlibur komplit dengan wahana waterboo...	5
Guci dari dulu mata air panasnya tdk pernah su...	4
Tempatnya luas. Ada beberapa lokasi untuk pema...	5
Lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...	5

3.2. Proses Hapus Data Duplikat

Tahap ini bertujuan untuk menghapus data yang duplikat (*duplicate entries*) serta data dengan nilai kosong (*NaN*) agar kualitas *dataset* tetap terjaga. Proses pembersihan dilakukan menggunakan fungsi *drop_duplicates()* dan *dropna()* dari pustaka *pandas*. Dengan langkah ini, hanya data yang unik dan valid yang digunakan untuk tahap analisis berikutnya sehingga hasil tidak mengalami bias akibat adanya pengulangan ulasan dengan isi serupa. Perbandingan jumlah data sebelum dan sesudah proses pembersihan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 1130 entries, 0 to 1129
Data columns (total 2 columns):
#   Column  Non-Null Count  Dtype
---  -
0    stars    1130 non-null    int64
1    text     1130 non-null    object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 17.8+ KB
```

Gambar 3. Data awal

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Index: 1128 entries, 0 to 1129
Data columns (total 2 columns):
#   Column   Non-Null Count  Dtype
---  ---
0    stars    1128 non-null   int64
1    text     1128 non-null   object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 26.4+ KB
```

Gambar 4. Setelah Hapus Data Duplikat

3.3. Translasi Bahasa (EN – IND)

Beberapa ulasan pengguna ditulis dalam Bahasa Inggris sehingga perlu dilakukan translasi agar seluruh data seragam dalam Bahasa Indonesia. Proses penerjemahan dilakukan secara otomatis menggunakan pustaka Googletrans (v4.0.0-rc1) pada Python, dengan hasil terjemahan disimpan dalam kolom *trans_indo*. Langkah ini memastikan konsistensi bahasa sehingga analisis sentimen dapat dilakukan secara akurat. Contoh hasil translasi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Contoh hasil translasi

stars	text	trans_indo
4	Kalau datang pagi-pagi, udaranya dingin banget...	Kalau datang pagi-pagi, udaranya dingin banget...
5	Tempat berlibur komplit dengan wahana waterbooo...	Tempat Berlibur Komplit Delangan Wahana Waterb...
4	Guci dari dulu mata air panasnya tdk pernah su...	GUCI DARI DULU MATA AIR PANASYA TDK PERNAH SUR...
5	Tempatnya luas. Ada beberapa lokasi untuk pema...	Tempatnya Luas.ADA BEBERAPA LOKASI UNTUK PEMAN...
5	Lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...	Lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...

3.4. Pra-Pemrosesan Data

3.4.1. Cleaning

Tahap *cleaning* dilakukan untuk menghapus elemen-elemen yang tidak relevan seperti URL, tag HTML, emoji, simbol, angka, dan *username* dari teks ulasan. Tujuannya adalah menghilangkan *noise* agar data hanya berfokus pada isi opini pengguna yang relevan terhadap analisis sentimen. Hasil proses pembersihan teks ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Contoh proses pembersihan

stars	trans_indo	cleaning
4	Kalau datang pagi-pagi, udaranya dingin banget...	Kalau datang pagipagi udaranya dingin bangetDi...

stars	trans_indo	cleaning
5	Tempat Berlibur Komplit Delangan Wahana Waterb...	Tempat Berlibur Komplit Delangan Wahana Waterb...
4	GUCI DARI DULU MATA AIR PANASYA TDK PERNAH SUR...	GUCI DARI DULU MATA AIR PANASYA TDK PERNAH SUR...
5	Tempatnya Luas.ADA BEBERAPA LOKASI UNTUK PEMAN...	Tempatnya LuasADA BEBERAPA LOKASI UNTUK PEMAND...
5	Lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...	Lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...

3.4.2. Case Folding

Tahap *case folding* bertujuan untuk menyeragamkan penulisan huruf dengan mengubah seluruh teks ulasan menjadi huruf kecil (*lowercase*). Langkah ini memastikan bahwa kata dengan bentuk huruf berbeda, seperti “Bagus”, “BAGUS”, dan “bagus”, dikenali sebagai satu kata yang sama oleh sistem. Hasil proses *case folding* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Contoh proses *case folding*

stars	cleaning	case_folding
4	Kalau datang pagipagi udaranya dingin bangetDi...	kalau datang pagipagi udaranya dingin bangetdi...
5	Tempat Berlibur Komplit Delangan Wahana Waterb...	tempat berlibur komplit delangan wahana waterb...
4	GUCI DARI DULU MATA AIR PANASYA TDK PERNAH SUR...	guCI dari dulu mata air panasya tdk pernah sur...
5	Tempatnya LuasADA BEBERAPA LOKASI UNTUK PEMAND...	tempatnya luasada beberapa lokasi untuk pemand...
5	Lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...	lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...

3.4.3. Normalisasi Kata

Tahap normalisasi kata dilakukan untuk mengubah kata tidak baku, singkatan, atau bentuk slang menjadi kata baku sesuai kaidah Bahasa Indonesia. Proses ini menggunakan kamus kamuskatabaku.xlsx yang berisi pasangan kata tidak baku dan padanannya. Langkah ini penting untuk meningkatkan konsistensi data karena ulasan pengguna sering menggunakan bahasa informal, seperti “gk” atau “ga” yang dinormalisasi menjadi “tidak”, dan “bgt” menjadi “banget”. Hasil proses *normalisasi* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Contoh proses *normalisasi*

<i>stars</i>	<i>case_folding</i>	<i>normalisasi</i>
4	kalau datang pagipagi udaranya dingin bangetdi...	kalau datang pagipagi udaranya dingin bangetdi...
5	tempat berlibur komplit delangan wahana waterb...	tempat berlibur komplit delangan wahana waterb...
4	guci dari dulu mata air panasya tdk pernah sur...	guci dari dulu mata air panasya tidak pernah s...
5	tempatnya luasada beberapa lokasi untuk pemand...	tempatnya luasada beberapa lokasi untuk pemand...
5	lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...	lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...

3.4.4. Tokenisasi

Tahap tokenisasi bertujuan untuk memecah teks ulasan menjadi unit-unit terkecil berupa kata atau token. Proses ini dilakukan menggunakan fungsi *split()* agar setiap kata dalam kalimat dapat dianalisis secara terpisah. Dengan demikian, kalimat panjang diubah menjadi kumpulan kata sederhana yang siap digunakan pada tahap ekstraksi fitur atau perhitungan frekuensi kata. Hasil proses tokenisasi ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Contoh proses tokenisasi

<i>stars</i>	<i>normalisasi</i>	<i>tokenize</i>
4	kalau datang pagipagi udaranya dingin bangetdi...	[kalau, datang, pagipagi, udaranya, dingin, ba...
5	tempat berlibur komplit delangan wahana waterb...	[tempat, berlibur, komplit, delangan, wahana, ...
4	guci dari dulu mata air panasya tidak pernah s...	[guci, dari, dulu, mata, air, panasya, tidak, ...
5	tempatnya luasada beberapa lokasi untuk pemand...	[tempatnya, luasada, beberapa, lokasi, untuk, ...
5	lokasi sangat bersahabat untuk ajak keluarga d...	[lokasi, sangat, bersahabat, untuk, ajak, kelu...

3.4.5. Stopword Removal

Tahap *stopword removal* dilakukan untuk mengurangi kata-kata yang sering muncul dalam teks namun tidak memiliki makna penting dalam analisis sentimen, seperti “yang”, “dan”, “di”, “ke”, dan “dengan”. Proses ini menggunakan pustaka *nlk.corpus.stopwords* untuk Bahasa Indonesia, ditambah dengan daftar *custom stopwords* agar hasil pembersihan lebih optimal. Dengan menghapus kata-kata yang tidak relevan ini, analisis menjadi lebih fokus pada kata-kata bermakna yang memengaruhi polaritas sentimen. Hasil proses *stopword removal* disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Contoh proses *stopword removal*

<i>stars</i>	<i>tokenize</i>	<i>stopword_removal</i>
4	[kalau, datang, pagipagi, udaranya, dingin, ba...	pagipagi udaranya dingin bangetdi pilihan kola...
5	[tempat, berlibur, komplit, delangan, wahana, ...	berlibur komplit delangan wahana waterboom air...
4	[guci, dari, dulu, mata, air, panasya, tidak, ...	guci mata air panasya surut sebaiknya kesini pa...
5	[tempatnya, luasada, beberapa, lokasi, untuk, ...	tempatnya luasada lokasi pemandianyaada kolam ...
5	[lokasi, sangat, bersahabat, untuk, ajak, kelu...	lokasi bersahabat ajak keluarga teman menikmati...

3.5. Pelabelan Sentimen

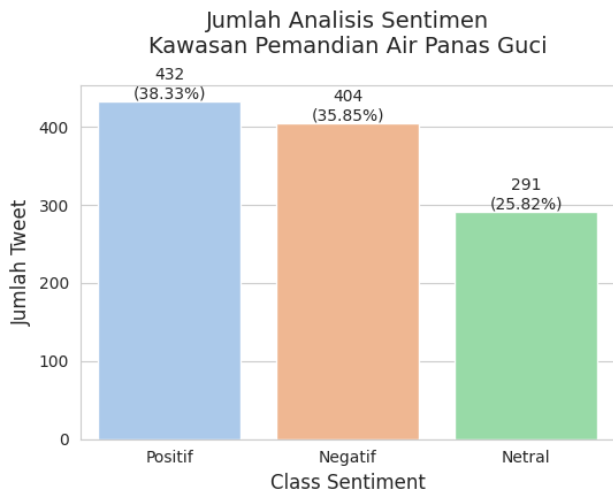
Tahap pelabelan sentimen dilakukan menggunakan metode *Lexicon-Based Sentiment Analysis* dengan memanfaatkan *dataset InSet* (Indonesian *Sentiment Lexicon*). Setiap kata dalam ulasan diberi skor berdasarkan polaritasnya, yaitu positif atau negatif, kemudian skor tersebut dijumlahkan untuk menentukan kategori sentimen. Klasifikasi dilakukan dengan ketentuan: positif jika skor total > 0, negatif jika skor total < 0, dan netral jika skor total = 0. Hasil pelabelan ini menghasilkan tiga kelas utama yang menggambarkan persepsi pengguna terhadap objek wisata dan divisualisasikan dalam bentuk diagram batang untuk menunjukkan distribusi data sentimen. Contoh hasil pelabelan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Contoh hasil pelabelan

<i>no</i>	<i>stopword_removal</i>	<i>score</i>	<i>sentiment</i>
1	pagipagi udaranya dingin bangetdi pilihan kola...	2	Positif
2	berlibur komplit delangan wahana waterboom air...	0	Netral
3	guci mata air panasya surut sebaiknya kesini pa...	1	Positif
4	tempatnya luasada lokasi pemandianyaada kolam ...	-1	Negatif
5	lokasi bersahabat ajak keluarga teman menikmati...	0	Netral
6	airnya bersih viewnya bagus memuaskan harga ti...	5	Positif

Berdasarkan Gambar 5, sentimen positif menjadi yang paling dominan dengan 432 ulasan (38,33%), diikuti negatif sebanyak 404 ulasan (35,85%), dan netral sebanyak 291

ulasan (25,82%). Hasil ini menunjukkan mayoritas pengunjung memiliki pengalaman yang baik saat berwisata di Guci, meskipun ulasan negatif yang cukup tinggi masih memberi pengelola pelajaran untuk meningkatkan layanan dan fasilitas.



Gambar 5. Jumlah Analisis Sentimen

3.6. Aspect-Based Sentiment Classification (ABSC)

Aspect-Based Sentiment Classification (ABSC) digunakan untuk mengelompokkan sentimen berdasarkan aspek tertentu yang dibahas oleh pengguna dalam ulasan. Pada penelitian ini, terdapat tiga aspek utama, yaitu:

- Fasilitas & Infrastruktur (mis. parkir, toilet, penginapan),
- Pengalaman Wisatawan (mis. nyaman, indah, bersih, dan
- Harga & Aksesibilitas (mis. tiket, murah, terjangkau).

Proses klasifikasi dilakukan dengan pendekatan *keyword matching* untuk mendeteksi kata kunci pada setiap ulasan dan mengaitkannya dengan aspek terkait. Hasil *ABSC* menggambarkan aspek yang paling sering menjadi perhatian pengunjung serta memberikan informasi lebih spesifik mengenai bagian wisata yang diapresiasi maupun dikritik, seperti ditunjukkan pada Tabel 9, 10, dan 11.

Tabel 9. Contoh *Aspect Extraction*

no	stopword_removal	aspect_extraction
1	pagipagi udaranya dingin bangetdi pilihan kola...	Fasilitas & Infrastruktur
2	berlibur komplit delangan wahana waterboom air...	Fasilitas & Infrastruktur
3	guci mata air panasnya surut sebaiknya kesini pa...	Fasilitas & Infrastruktur
4	tempatny luasada lokasi pemandianyaada kolam ...	Fasilitas & Infrastruktur

no	stopword_removal	aspect_extraction
5	lokasi bersahabat ajak keluarga teman nikmat...	Pengalaman Wisatawan
6	airnya bersih viewnya bagus memuaskan harga ti...	Fasilitas & Infrastruktur

Tabel 10. Kata Kunci untuk Ekstraksi Aspek

Aspek	Aspek
Fasilitas & Infrastruktur	[toilet, parkir, jalan, akses, wifi, kebersihan...
Pengalaman Wisatawan	[seru, indah, ramai, sunyi, tenang, nyaman, ram...
Harga & Aksesibilitas	[murah, mahal, gratis, terjangkau, diskon, biay...
[tempatny luasada, beberapa, lokasi, untuk, ...	tempatny luasada lokasi pemandianyaada kolam ...
[lokasi, sangat, bersahabat, untuk, ajak, kelu...	lokasi bersahabat ajak keluarga teman nikmat...

Tabel 11. Contoh Hasil *Aspect Extraction*

No	Ulasan (Setelah Preprocessing)	Aspek yang Terdeteksi
1	[pagipagi udaranya dingin bangetdi pilihan kolam...	Fasilitas & Infrastruktur
2	[berlibur komplit delangan wahana waterboom air...	Fasilitas & Infrastruktur
3	[guci mata air panasnya surut sebaiknya kesini pa...	Fasilitas & Infrastruktur
4	[tempatny luasada lokasi pemandianyaada kolam...	Pengalaman Wisatawan
5	[lokasi bersahabat ajak keluarga teman nikmat...	Pengalaman Wisatawan
6	[airnya bersih viewnya bagus memuaskan harga ti...	Pengalaman Wisatawan, Harga & Aksesibilitas
7	[toilet kotor parkir penuh fasilitas kurang	Fasilitas & Infrastruktur
8	[pemandangan indah udara sejuk nyaman sekali	Pengalaman Wisatawan
9	[tiket murah worth it untuk keluarga	Harga & Aksesibilitas
10	[jalan menuju lokasi rusak berkelok tanjakan	Harga & Aksesibilitas

3.6.1. Distribusi Sentimen per Aspek

Analisis distribusi sentimen per aspek dilakukan untuk mengidentifikasi aspek mana yang paling banyak mendapat perhatian pengunjung serta kecenderungan sentimen pada setiap aspek tersebut. Dari total 1.127 ulasan yang

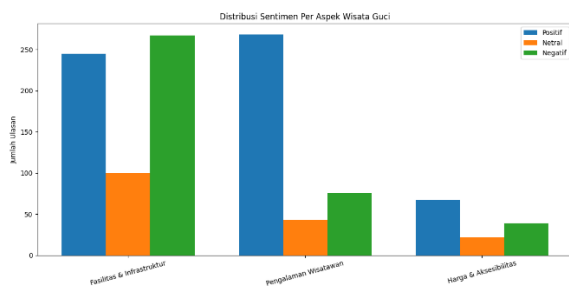
dianalisis, diperoleh distribusi pada Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Distribusi Sentimen per Aspek

Aspek	Total Ulasan	Positif	%	Negatif	%	Netral	%
Fasilitas & Infrastruktur	612	245	40.0%	267	43.6%	100	16.4%
Pengalaman Wisatawan	387	268	69.2%	76	19.6%	43	11.1%
Harga & Aksesibilitas	128	67	52.3%	39	30.5%	22	17.2%
Total	1.127	432	38.3%	404	35.8%	291	25.8%

Catatan: Total ulasan per aspek dapat melebihi 1.127 karena satu ulasan dapat membahas lebih dari satu aspek

Visualisasi distribusi sentimen per aspek ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Visualisasi distribusi sentimen per aspek

Dari data Gambar 6, dapat diidentifikasi beberapa temuan penting:

- Aspek Fasilitas & Infrastruktur merupakan aspek yang paling sering dibahas dalam ulasan (612 ulasan atau 54.3% dari total *dataset*). Hal ini mengindikasikan bahwa pengunjung sangat memperhatikan kondisi fasilitas fisik destinasi wisata.
- Sentimen negatif pada aspek Fasilitas & Infrastruktur mendominasi dengan 43.6%, menunjukkan adanya gap antara harapan pengunjung dengan kondisi fasilitas yang tersedia.
- Aspek Pengalaman Wisatawan memiliki sentimen paling positif (69.2%), yang mengindikasikan bahwa

daya tarik alam dan pengalaman keseluruhan di Wisata Guci mendapat apresiasi tinggi dari pengunjung.

- Aspek Harga & Aksesibilitas menunjukkan sentimen yang relatif seimbang (52.3% positif vs 30.5% negatif), menandakan bahwa harga tiket dinilai wajar meskipun masih ada keluhan terkait akses jalan dan biaya tambahan.
- Perbedaan distribusi sentimen antar aspek ini memberikan *insight* strategis bahwa meskipun destinasi memiliki daya tarik alam yang kuat, kualitas pengalaman pengunjung secara keseluruhan dapat ditingkatkan signifikan melalui perbaikan infrastruktur dan fasilitas pendukung.

3.6.2. Kata Kunci Dominan per Aspek

Analisis kata kunci dominan dilakukan dengan menghitung frekuensi kemunculan kata-kata spesifik dalam ulasan yang telah dikategorikan per aspek dan sentimen. Metode yang digunakan adalah TF (*Term Frequency*) untuk mengidentifikasi kata-kata yang paling representatif untuk setiap kombinasi aspek-sentimen. Dan ditampilkan pada Tabel 13.

Metodologi Ekstraksi Kata Kunci:

- Filter ulasan berdasarkan aspek dan sentimen
- Hitung frekuensi setiap kata setelah *stopword removal*
- Identifikasi top 15 kata dengan frekuensi tertinggi
- Analisis konteks penggunaan kata-kata tersebut

Tabel 13. Kata Kunci Dominan per Aspek

Rank	Sentimen Negatif	Freq	Sentimen Positif	Freq	Sentimen Netral	Freq
1	toilet	89	kolam	76	kolam	34
2	parkir	67	waterboom	58	ada	28
3	kotor	58	luas	52	fasilitas	26
4	penginapan	54	lengkap	48	toilet	22
5	bau	47	banyak	45	parkir	19
6	kurang	45	Bersih	42	tersedia	18

Rank	Sentimen Negatif	Freq	Sentimen Positif	Freq	Sentimen Netral	Freq
7	gazebo	42	seru	38	penginapan	16
8	terbatas	38	anak	35	area	15
9	tua	35	air	33	tempat	14
10	terawat	32	panas	31	gazebo	13

3.6.3. Implikasi Praktis Hasil ABSC

Hasil ABSC memberikan implikasi praktis yang penting bagi pengelola Wisata Pemandian Air Panas Guci dalam merumuskan kebijakan peningkatan layanan. Pertama, tingginya sentimen negatif pada aspek Fasilitas & Infrastruktur menegaskan perlunya prioritas dalam peningkatan dan pemeliharaan fasilitas wisata, seperti kebersihan toilet, kelayakan area parkir, kondisi jalan internal kawasan wisata, serta kualitas fasilitas penunjang seperti gazebo, warung, dan area tunggu. Peningkatan pada aspek ini dinilai akan memberikan dampak signifikan terhadap kenyamanan dan persepsi pengunjung.

Kedua, dominasi sentimen positif pada aspek Pengalaman Wisatawan memberikan peluang bagi pengelola untuk memperkuat strategi promosi berbasis pengalaman, seperti memaksimalkan potensi keindahan alam, menghadirkan titik foto yang lebih menarik (*photo spot*), dan menyediakan aktivitas wisata bernilai tambah yang dapat memperkaya pengalaman pengunjung.

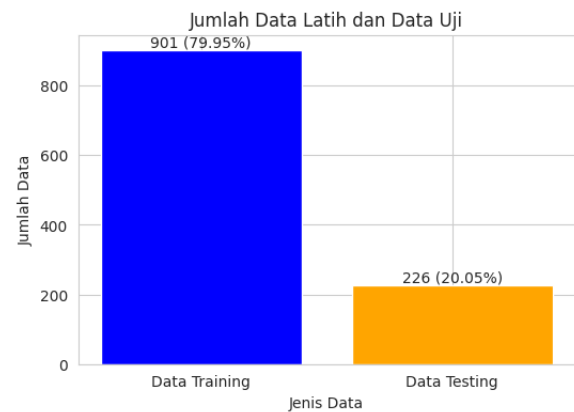
Ketiga, pada aspek Harga & Aksesibilitas, persepsi yang beragam menunjukkan perlunya transparansi informasi harga, evaluasi biaya tambahan, serta peningkatan kondisi akses jalan menuju lokasi wisata. Perbaikan pada aspek ini dinilai mampu meningkatkan kemudahan akses dan mengurangi keluhan wisatawan.

Secara keseluruhan, temuan ABSC ini memberikan gambaran strategis bahwa meskipun Wisata Guci memiliki daya tarik alam yang kuat, peningkatan kualitas fasilitas fisik dan aksesibilitas merupakan faktor kunci untuk meningkatkan kepuasan pengunjung secara berkelanjutan. Dengan memanfaatkan temuan ini sebagai acuan perbaikan, pengelola wisata dapat menerapkan pendekatan pengembangan layanan yang lebih terarah dan berbasis data.

3.7. Splitting Data (80% Latih, 20% Uji)

Dataset yang telah selesai melalui tahap pra-pemrosesan dan pelabelan selanjutnya dibagi menjadi dua *subset*, yaitu data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20% menggunakan fungsi *train_test_split* dari pustaka *scikit-learn*. Pembagian dilakukan secara *stratified*, sehingga proporsi tiap kelas sentimen (positif, negatif, netral) tetap seimbang pada kedua *subset*. Data latih digunakan untuk melatih model klasifikasi, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi performa model secara objektif.

Distribusi hasil dari pembagian data ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Jumlah Data Latih dan Data Uji

3.8. Klasifikasi

Tahap klasifikasi dilakukan untuk membangun model yang mampu memprediksi sentimen ulasan secara otomatis. Dua algoritma digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

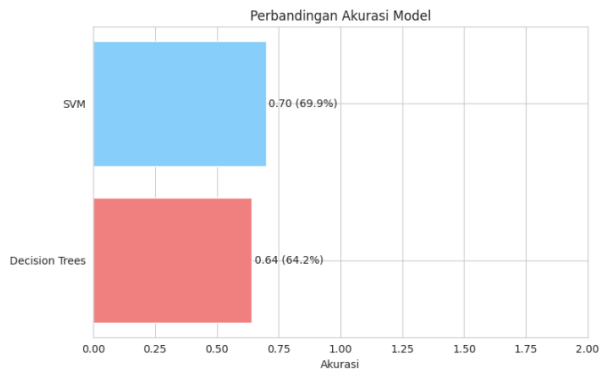
3.8.1. Support Vector Machine (SVM)

SVM merupakan algoritma *supervised learning* yang bekerja dengan mencari *hyperplane* terbaik untuk memisahkan kelas sentimen. Pada penelitian ini digunakan *kernel linear*, karena data hasil *vektorisasi* dengan *CountVectorizer* cenderung memiliki pemisahan linier. SVM banyak digunakan pada analisis sentimen karena mampu menangani data berteks berdimensi tinggi secara efektif.

3.8.2. Decision Tree

Decision Tree mengklasifikasikan ulasan melalui struktur pohon keputusan, di mana setiap *node* ditentukan berdasarkan nilai *information gain* tertinggi. Pendekatan ini mudah diinterpretasikan karena dapat menunjukkan kata atau fitur apa yang paling memengaruhi penentuan sentimen.

Perbandingan hasil akurasi kedua algoritma dapat dilihat pada Gambar 8, di mana model dengan akurasi tertinggi dianggap paling optimal dalam menyelesaikan klasifikasi sentimen ulasan Wisata Guci.



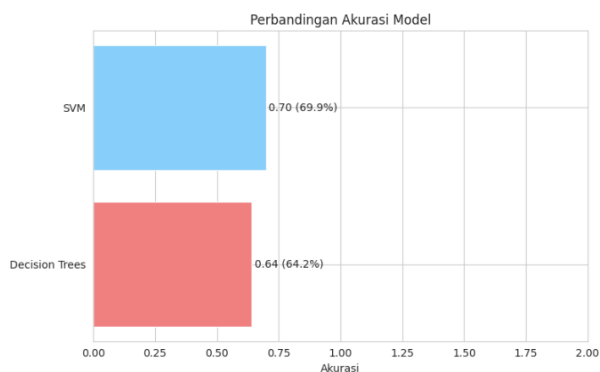
Gambar 8. Perbandingan Hasil Akurasi

3.9. Evaluasi Model (Akurasi, *Confusion Matrix*, *Classification Report*)

Evaluasi model dilakukan menggunakan data uji untuk menilai kemampuan algoritma dalam mengklasifikasikan sentimen secara tepat. Tiga metrik utama digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

3.9.1. Akurasi

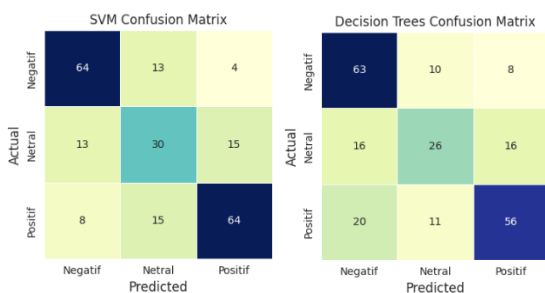
Mengukur persentase prediksi yang benar dari seluruh data uji. Nilai ini memberikan gambaran umum performa model dalam klasifikasi sentimen. Hasil akurasi untuk masing-masing model ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Akurasi

3.9.2. Confusion Matrix

Menunjukkan jumlah prediksi benar dan salah pada tiap kelas sentimen (positif, negatif, netral), sehingga dapat terlihat kelas mana yang paling sulit diprediksi. Visualisasi *confusion matrix* disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. *Confusion Matrix*

3.9.3. Classification Report

Berisi metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score* untuk setiap kelas, sehingga penilaian performa menjadi lebih komprehensif. Hasil lengkap dapat dilihat pada Gambar 11.

Classification Report for SVM:					Classification Report for Decision Trees:				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
Negatif	0.753	0.790	0.771	81.000	Negatif	0.636	0.778	0.700	81.000
Netral	0.517	0.517	0.517	58.000	Netral	0.553	0.448	0.495	58.000
Positif	0.771	0.736	0.753	87.000	Positif	0.700	0.644	0.671	87.000
accuracy	0.699	0.699	0.699	0.699	accuracy	0.642	0.642	0.642	0.642
macro avg	0.680	0.681	0.680	226.000	macro avg	0.630	0.623	0.622	226.000
weighted avg	0.699	0.699	0.699	226.000	weighted avg	0.640	0.642	0.636	226.000

Gambar 11. *Classification Report*

Berdasarkan hasil evaluasi pada Gambar 11, model SVM menunjukkan performa terbaik dibandingkan *Decision Tree*, dengan akurasi sebesar 69,9% dan nilai *F1-Score* sebesar 69,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma SVM lebih efektif dalam mengklasifikasikan sentimen ulasan Wisata Guci dibandingkan *Decision Tree* yang memiliki akurasi 64,2% dan *F1-Score* 63,6%. Dengan demikian, SVM dinilai lebih optimal dalam memahami pola teks dan menentukan polaritas opini dari ulasan pengguna.

3.10. Visualisasi

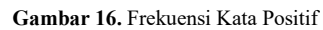
Tahap visualisasi dilakukan untuk memahami pola opini wisatawan secara lebih intuitif dan mendalam. Tiga jenis visualisasi digunakan dalam penelitian ini:

3.10.1. *WordCloud*

Visualisasi *WordCloud* pada Gambar 12, 13, dan 14 menampilkan kata-kata yang paling sering muncul dalam ulasan, di mana ukuran kata menunjukkan tingkat frekuensi kemunculannya. Melalui visualisasi ini, tema utama yang sering dibahas oleh pengunjung dapat diidentifikasi dengan mudah, baik pada sentimen positif, negatif, maupun netral, sehingga memberikan gambaran umum persepsi wisatawan terhadap Wisata Pemandian Air Panas Guci.

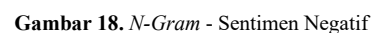
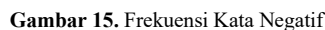


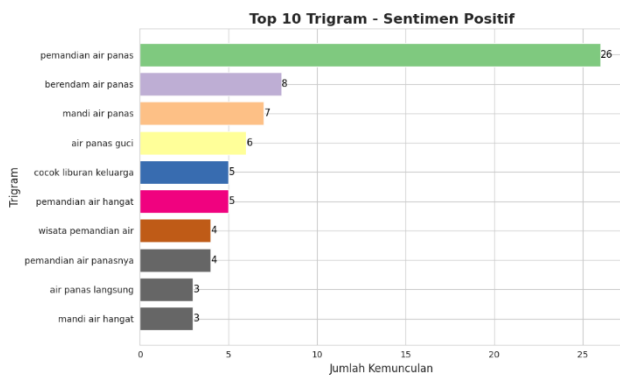
Gambar 12. *WordCloud* Sentimen Negatif



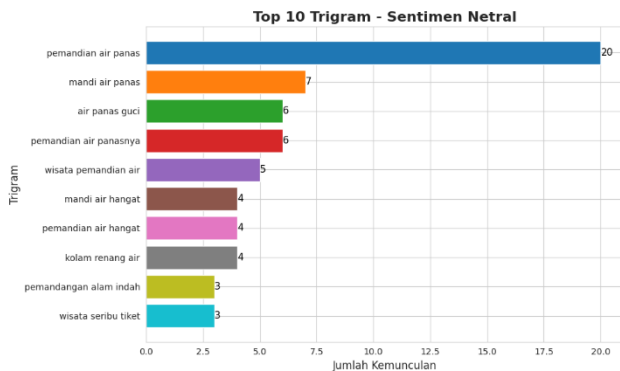
3.10.3. *N-Gram*

Visualisasi *N-Gram* pada Gambar 18, 19, dan 20 menampilkan pola frasa yang sering muncul secara berurutan dalam ulasan. Dengan menganalisis kombinasi kata dua atau lebih, *N-Gram* memberikan konteks yang lebih jelas terhadap opini yang disampaikan pengunjung. Hasil ini membantu mengidentifikasi ekspresi yang sering digunakan untuk menggambarkan pengalaman wisata di Guci, baik dari sisi fasilitas, pelayanan, maupun kenyamanan selama berkunjung.





Gambar 19. N-Gram - Sentimen Positif



Gambar 20. N-Gram - Sentimen Netral

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sentimen terhadap ulasan Google Maps pada Wisata Pemandian Air Panas Guci menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *Decision Tree*, dapat disimpulkan bahwa:

- Mayoritas pengunjung memberikan sentimen positif terhadap wisata Guci, meskipun jumlah sentimen negatif juga cukup tinggi sehingga dapat menjadi masukan bagi pengelola wisata dalam meningkatkan kualitas fasilitas dan pelayanan.
- Model klasifikasi dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) menunjukkan performa terbaik dibandingkan *Decision Tree*, dengan akurasi sebesar 69,9% dan *F1-Score* 69,9%, sehingga lebih direkomendasikan untuk digunakan pada analisis sentimen berbasis teks ulasan wisata.
- Hasil visualisasi *WordCloud*, frekuensi kata, dan *N-Gram* menunjukkan bahwa aspek yang paling sering menjadi sorotan wisatawan meliputi kebersihan, fasilitas, serta harga dan aksesibilitas, yang dapat dijadikan perhatian utama dalam pengembangan destinasi wisata Guci.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan analisis sentimen berbasis *machine learning* dapat membantu pengelola dalam memahami persepsi wisatawan dan meningkatkan kualitas layanan pariwisata.

Ucapan Terima Kasih

Penulis G.F.A. mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Tegal dan Program Studi Informatika yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, terutama kepada para peninjau dan responden yang memberikan ulasan pada *platform* Google Maps sehingga data dapat digunakan dalam penelitian ini. Segala bentuk bantuan, dukungan moral, serta motivasi yang diberikan telah menjadi bagian penting dalam terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Onsu, D. S. Febrian, and F. K. Diane, "Implementasi BI-LSTM dengan Ekstraksi Fitur WORD2VEC untuk Pengembangan Analisis Sentimen Aplikasi Identitas Kependudukan Digital," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 46–55, 2024.
- [2] R. D. R. Apriliansyah, R. Astuti, W. Prihartono, and R. Hamonangan, "Penerapan Algoritma Naive Bayes untuk Analisis Sentimen Pengunjung di Pantai Kejawanan," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5774.
- [3] R. Y. Hayuningtyas and R. Sari, "Analisis Sentimen Opini Publik Bahasa Indonesia Terhadap Wisata TMII Menggunakan Naive Bayes dan PSO," *Jurnal TECHNO Nusa Mandiri*, vol. 16, no. 1, p. 37, 2019, [Online]. Available: <http://nusamandiri.ac.id/>
- [4] O. Somantri and Dairoh, "Analisis sentimen penilaian tempat tujuan wisata Kota Tegal berbasis text mining," *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, vol. 5, no. 2, pp. 191–196, 2019.
- [5] R. Oktafiani and R. Rianto, "Perbandingan Algoritma Support Vector Machine (SVM) dan Decision Tree untuk Sistem Rekomendasi Tempat Wisata," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 113–121, Aug. 2023, doi: 10.25077/teknosi.v9i2.2023.113-121.
- [6] D. Arianto and I. Budi, "Aspect-based sentiment analysis on Indonesia's tourism destinations based on Google Maps user code-mixed reviews (study case: Borobudur and Prambanan Temples)," in *Proc. 34th Pacific Asia Conf. Language, Information and Computation (PACLIC)*, Hanoi, Vietnam, pp. 359–367, Oct. 2020.
- [7] J. Ipmawati, S. Saifulloh, and K. Kusnawi, "Analisis Sentimen Tempat Wisata Berdasarkan Ulasan pada Google Maps Menggunakan Algoritma Support Vector Machine," *MALCOM: Indonesian*

- Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 247–256, Jan. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1066.
- [8] A. R. Hakim, “Analisis Sentimen Objek Wisata di Google Maps Menggunakan Metode Decision Tree,” *CBIS JOURNAL*, vol. 12, no. 01, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbis>
<http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbis>
- [9] A. Ulfah and I. Najiah, “Implementasi Web Scraping pada Situs Jurnal Sinta Menggunakan Framework Selenium Webdriver Python,” *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 7, no. 1, p. 29, Feb. 2023, doi: 10.31000/jika.v7i1.7037.
- [10] S. Satriajati, S. B. Panuntun, and S. Pramana, “Implementasi web scraping dalam pengumpulan berita kriminal pada masa pandemi COVID-19 (studi kasus: situs berita detik.com),” in *Proc. Semin. Nas. Official Statistics 2020: Statistics in the New Normal—A Challenge of Big Data and Official Statistics*, pp. 300–308, 2020.
- [11] K. Maharana, S. Mondal, and B. Nemade, “A review: Data pre-processing and data augmentation techniques,” *Global Transitions Proceedings*, vol. 3, no. 1, pp. 91–99, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.gltp.2022.04.020.
- [12] D. Bilianos and G. Mikros, “Sentiment analysis in cross-linguistic context: How can machine translation influence sentiment classification?,” *Digital Scholarship in the Humanities*, vol. 38, no. 1, pp. 23–33, Apr. 2023, doi: 10.1093/lle/fqac053.
- [13] C. P. Chai, “Comparison of text preprocessing methods,” *Nat Lang Eng*, vol. 29, no. 3, pp. 509–553, May 2023, doi: 10.1017/S1351324922000213.
- [14] A. Nigam, A. Dhruv, and F. J. Josephin S, “Text Pre-Processing And Feature Extraction Using NLP,” *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 03, no. 06, pp. 1550–1551, 2021, [Online]. Available: www.irjmets.com
- [15] A. Albladi, M. K. Uddin, M. Islam, and C. Seals, “TWSSenti: A Novel Hybrid Framework for Topic-Wise Sentiment Analysis on Social Media Using Transformer Models,” *arxiv logo Login*, pp. 1–41, Apr. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2504.09896>
- [16] D. Prasetya, N. Rahaningsih, R. D. Dana, and C. L. Rohmat, “Analisis Sentimen Pengguna Aplikasi Mybluebird dengan Algoritma Naïve Bayes di Playstore,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5687.
- [17] T. M. Iryana and P. P. Adikara, “Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Mass Rapid Transit Jakarta Menggunakan Metode Naïve Bayes Dengan Normalisasi Kata,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 6, pp. 2548–964, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [18] S. Ratnaswari, N. C. Wibowo, and D. S. Y. Kartika, “Analisis Sentimen Menggunakan Metode Lexicon-Based Dan Support Vector Machine pada Presiden dan Wakil Presiden Indonesia Periode 2024–2029,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5604.
- [19] R. Rinandyaswara, Y. A. Sari, and M. T. Furqon, “Pembentukan Daftar Stopword Menggunakan Term Based Random Sampling pada Analisis Sentimen dengan Metode Naïve Bayes (Studi Kasus: Kuliah Daring Di Masa Pandemi),” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 9, no. 4, pp. 717–723, 2022, doi: 10.25126/jtiik.202294707.
- [20] S. A. Nugraha, “Penerapan Lexicon Based Untuk Analisis Sentimen Masyarakat Indonesia Terhadap Danantara,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 3, pp. 4949–4957, 2025.
- [21] C. A. Bahri and L. H. Suadaa, “Aspect-Based Sentiment Analysis in Bromo Tengger Semeru National Park Indonesia Based on Google Maps User Reviews,” *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, vol. 17, no. 1, p. 79, Feb. 2023, doi: 10.22146/ijccs.77354.
- [22] S. Fatimah, E. Purwanto, and H. Permatasari, “Analisis Sentimen Twitter Tentang Wisata di Kota Solo Twitter Sentiment Analysis About Tourism in the City of Solo,” *Techno.COM*, vol. 22, no. 4, pp. 854–869, 2023.
- [23] A. M. Pravina, I. Cholissodin, and P. P. Adikara, “Analisis Sentimen Tentang Opini Maskapai Penerbangan pada Dokumen Twitter Menggunakan Algoritme Support Vector Machine (SVM),” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 3, pp. 2789–2797, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [24] D. E. Safitri and A. S. Fitriani, “Implementasi Metode Klasifikasi dengan Algoritma Support Vector Machine Kernel Gaussian RBF untuk Prediksi Partisipasi Pemilu Terhadap Demografi Kota Surabaya,” *Indonesian Journal of Business*

- Intelligence (IJUBI)*, vol. 5, no. 1, p. 36, Jun. 2022, doi: 10.21927/ijubi.v5i1.2259.
- [25] B. Sugito and M. Iqbal, "Analisis Perbandingan Algoritma Klasifikasi Data Mining Untuk Penentuan Bibit Unggul," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 6, no. 3, pp. 1751–1759, Dec. 2024, doi: 10.47065/bits.v6i3.6199.
- [26] D. Hardiansyah, R. A. Aziz, and M. S. Hasibuan, "The Classification Method is Used for Sentiment Analysis in My Telkomsel," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 8, no. 2, p. 169, Dec. 2024, doi: 10.29099/ijair.v8i2.1229.
- [27] Henderi, Asro, A. Sulaiman, T. B. Kurniawan, D. A. Dewi, and M. Alqudah, "Utilizing Sentiment Analysis for Reflect and Improve Education in Indonesia," *Journal of Applied Data Sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 189–200, Jan. 2025, doi: 10.47738/jads.v6i1.527.
- [28] N. R. A. Putri, T. Trimono, and A. T. Damaliana, "Sentiment Analysis on Digital Korlantas POLRI Application Reviews Using the Distilbert Model," *Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 83–89, Oct. 2024, doi: 10.29103/jreece.v4i2.17197.
- [29] J. A. Wibowo, V. C. Mawardi, and T. Sutrisno, "Visualisasi Word Cloud Hasil Analisis Sentimen Berbasis Fitur Layanan Aplikasi Gojek dengan Support Vector Machine," *Jurnal Serina Sains, Teknik dan Kedokteran*, vol. 2, no. 1, pp. 61–70, Mar. 2024, doi: 10.24912/jsstk.v2i1.32058.
- [30] E. N. Hamdana, A. O. Nur Wardani, and A. R. Tri Hayati Ririd, "Sentiment Analysis of Visitor Reviews on Google Maps at Kampung Coklat Tourism," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 5, no. 1, p. 274, Mar. 2025, doi: 10.30811/jaise.v5i1.6488.



PENERAPAN *DESIGN THINKING* UNTUK PENGEMBANGAN PROTOTIPE *WEBSITE* KOMUNITAS AKADEMIK IS SOCIETY UNJANI

Irma Santikarama¹, Meisya Putri Utami²

^{1,2} Sistem Informasi, Universitas Jenderal Achmad Yani
 Kota Cimahi, Jawa Barat, Indonesia 40525
irma.santikarama@lecture.unjani.ac.id, mpu.21@si.unjani.ac.id

Abstract

The current IS Society community website prototype is unable to optimally facilitate cross-cohort interactions and academic documentation. These functional limitations create a significant gap in fulfilling user needs. Therefore, this research applies the Design Thinking methodology to redesign and develop the IS Society academic community website prototype. The Design Thinking process integrates qualitative findings obtained from observations and semi-structured interviews with quantitative data collected through direct testing. The prototype was evaluated by 40 participants using the Maze platform to measure task performance and the System Usability Scale (SUS) questionnaire to assess perceived ease of use. The results indicate an average direct success rate of 94.25% across eight task scenarios, with two scenarios achieving 100% success, and an average SUS score of 87.06, categorized as Excellent. These findings suggest that the prototype offers low cognitive load and efficient navigation. However, some issues remain regarding layout clarity and the visibility of interface elements, which led to user errors in the discussion and profile sections. Recommended improvements include emphasizing the visibility of main buttons, simplifying menu labels and symbols, and adding a short introductory guide for first-time users. Overall, this study demonstrates that the implementation of Design Thinking effectively guides data-driven iteration for the development of academic community websites and provides an evaluation framework that can be replicated in similar contexts.

Keywords: Academic Community Website, Design Thinking, Maze, System Usability Scale, Usability Testing

Abstrak

Prototipe *website* komunitas IS Society saat ini belum mampu memfasilitasi interaksi lintas angkatan maupun dokumentasi akademik secara optimal. Keterbatasan fungsional ini menciptakan kesenjangan signifikan dalam pemenuhan kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metodologi *Design Thinking* untuk melakukan *redesign* dan pengembangan prototipe *website* komunitas akademik IS Society. Proses *Design Thinking* menggabungkan temuan kualitatif melalui observasi dan wawancara semi-terstruktur dan data kuantitatif melalui pengujian langsung. Prototipe diuji oleh 40 partisipan menggunakan platform *Maze* untuk mengukur performa tugas serta kuesioner *System Usability Scale* untuk menilai persepsi kemudahan penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *direct success* sebesar 94,25% pada delapan skenario tugas, dengan dua skenario mencapai tingkat keberhasilan 100%, dan skor *SUS* rata-rata 87,06 dengan kategori *Excellent*. Temuan ini menunjukkan bahwa prototipe memiliki beban kognitif yang rendah serta navigasi yang efisien. Namun, masih ditemukan permasalahan pada *visual hierarchy* dan visibilitas elemen kontrol yang menyebabkan terjadinya *misclick* pada alur diskusi dan profil. Rekomendasi perbaikan meliputi penegasan tampilan tombol utama agar lebih mudah dikenali, penyederhanaan nama dan simbol menu, serta penambahan panduan awal singkat bagi pengguna baru untuk mempermudah proses penggunaan pertama kali. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Design Thinking* efektif dalam mengarahkan proses iterasi berbasis data untuk pengembangan situs komunitas akademik dan dapat menjadi *blueprint* evaluasi yang dapat direplikasi pada konteks serupa.

Kata kunci: Design Thinking, Maze, System Usability Scale, Usability Testing, Website Komunitas Akademik

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor,

termasuk pendidikan [1]. Transformasi ini tidak hanya mengubah pola pembelajaran, tetapi juga cara komunitas akademik berinteraksi, berkolaborasi, dan

mendokumentasikan kegiatan. Dalam konteks pendidikan tinggi, adopsi platform digital terbukti meningkatkan akses mahasiswa terhadap materi pembelajaran, memperkuat komunikasi, serta mendorong kolaborasi dalam aktivitas akademik, baik formal maupun informal [2]–[4].

Platform digital yang sukses harus mengutamakan *user experience* melalui desain yang informatif, intuitif, dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Elemen-elemen kunci meliputi kejelasan informasi, navigasi yang mudah, tampilan visual yang menarik, serta kemampuan beradaptasi dengan berbagai perangkat dan kebutuhan pengguna [5]–[7]. Suatu penelitian menunjukkan bahwa antarmuka sederhana dengan menu yang jelas dan fitur interaktif seperti pencarian cerdas dan rekomendasi personal dapat meningkatkan kepuasan serta loyalitas pengguna [6], [7].

Namun, kenyataannya banyak portal institusi pendidikan masih menghadapi tantangan dalam memenuhi ekspektasi tersebut. Permasalahan umum yang ditemukan antara lain navigasi yang tidak konsisten, struktur informasi yang rumit, serta komunikasi yang kurang efektif antar pengguna [8]. Sistem yang dibangun tanpa mempertimbangkan kebutuhan pengguna sering kali memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang rendah, meskipun secara teknis fungsionalitasnya sudah lengkap [9]. Pada portal komunitas akademik, keberagaman latar belakang pengguna juga menjadi tantangan tersendiri untuk menciptakan pengalaman yang konsisten dan inklusif [10].

Dalam konteks lokal, komunitas mahasiswa Sistem Informasi Universitas Jenderal Achmad Yani (IS Society) telah mengembangkan versi awal *website* komunitas sebagai wadah informasi dan dokumentasi kegiatan mahasiswa. Versi awal ini masih berupa *local prototype* yang belum digunakan secara luas. Berdasarkan hasil observasi awal, ditemukan sejumlah keterbatasan, antara lain fitur yang belum mencakup seluruh kebutuhan komunitas, belum tersedianya fasilitas interaksi lintas angkatan, serta belum adanya dokumentasi akademik yang sistematis. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara fungsi *website* yang diharapkan dengan kenyataan di lapangan.

Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan proses perancangan ulang dengan menerapkan metodologi *Design Thinking* untuk memperbaiki kekurangan sistem yang ada dan menghasilkan rancangan yang lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pendekatan *Design Thinking* dikenal sebagai metode inovasi berbasis pengalaman yang menekankan pemahaman mendalam terhadap pengalaman pengguna dalam menciptakan solusi yang efektif dan berorientasi pada pengguna [11]. Pendekatan ini bersifat iteratif serta melibatkan proses eksplorasi ide, pembuatan prototipe, dan pengujian berbasis umpan balik pengguna [12]–[14].

Dalam konteks pendidikan tinggi, *Design Thinking* terbukti mampu meningkatkan kualitas layanan akademik dengan mendorong keterlibatan pengguna dalam setiap tahap perancangan [15], [16]. Sebagian besar penelitian terdahulu yang mengimplementasikan *Design Thinking* di bidang pendidikan berfokus pada pengembangan sistem pembelajaran baru, peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa, atau penerapan metode ini pada sistem *e-learning* dan pengajaran digital [17]–[20]. Namun, kajian yang mendokumentasikan penerapan penuh seluruh tahapan *Design Thinking* dalam konteks komunitas mahasiswa masih sangat terbatas. Dari 37 publikasi yang ditinjau dalam *Frontiers in Education*, hanya dua penelitian yang menelusuri penerapan tahap *testing* dengan metrik kuantitatif, dan tidak satu pun yang mengombinasikan evaluasi kualitatif dengan pengujian kuantitatif [19].

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menerapkan metodologi *Design Thinking* secara menyeluruh untuk melakukan *redesign* prototipe *website* komunitas akademik IS Society agar lebih efektif, mudah digunakan, dan relevan dengan kebutuhan pengguna. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Design Thinking* dalam mengidentifikasi kebutuhan pengguna, merancang, mengembangkan, serta mengevaluasi prototipe *website* Komunitas Akademik IS Society UNJANI, termasuk pengujian kemudahan penggunaan menggunakan Maze dan *System Usability Scale*.

Batasan penelitian difokuskan pada tahap perancangan dan evaluasi prototipe *website* IS Society UNJANI dengan melibatkan mahasiswa aktif serta pada aspek kegunaan dan pengalaman pengguna, bukan pada implementasi sistem penuh di lingkungan produksi.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan berkontribusi secara praktis dalam menghasilkan rancangan *website* komunitas akademik yang efektif dan siap diimplementasikan, serta secara akademis memperkaya literatur mengenai penerapan *Design Thinking* dalam konteks *redesign* sistem komunitas digital di perguruan tinggi dengan pendekatan evaluasi berbasis pengalaman pengguna dan data empiris yang terukur.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif eksperimental dengan kerangka kerja *Design Thinking*. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual pengguna dan permasalahan yang muncul dalam penggunaan *website* IS Society versi awal, sementara pendekatan eksperimental diterapkan untuk menguji dampak dari intervensi desain baru terhadap pengalaman pengguna. Kombinasi kedua pendekatan sangat relevan untuk konteks *redesign* sistem digital, di mana proses iteratif dan uji empiris terhadap solusi sering kali diperlukan.

Design thinking dipilih karena pendekatannya yang iteratif dan berpusat pada pengguna, menekankan proses untuk menemukan kebutuhan dan masalah yang mendalam, menerjemahkannya menjadi desain yang nyata, dan pada akhirnya menciptakan nilai bagi pengguna [21]. Dalam model penelitian ini, peneliti mengambil peran partisipatif yang mendorong keterlibatan aktif melalui interaksi berkelanjutan antara peneliti dan pengguna akhir di setiap tahapan perancangan. Pendekatan yang berpusat pada eksperimentasi dan pembelajaran *trial-and-error* ini memungkinkan pengumpulan umpan balik yang berharga untuk menjembatani kebutuhan pengguna dengan desain sistem yang lebih relevan dan aplikatif [22].

2.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari 132 mahasiswa aktif Program Studi Sistem Informasi Universitas Jenderal Achmad Yani (angkatan 2021–2024). Pemilihan partisipan dilakukan secara bertahap sesuai kebutuhan analisis:

- Pada tahap *Empathize*, sebanyak 15 partisipan dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* untuk memperoleh wawasan kualitatif yang mendalam. Jumlah tersebut dinilai ideal untuk menggali kebutuhan utama pengguna tanpa memerlukan generalisasi statistik [21].
- Pada tahap *Test*, sebanyak 40 partisipan dilibatkan melalui *stratified sampling* proporsional per angkatan guna memastikan hasil pengujian yang stabil dan representatif [22]. Komposisi partisipan meliputi 16 mahasiswa angkatan 2024, 13 mahasiswa angkatan 2023, 7 mahasiswa angkatan 2022, dan 4 mahasiswa angkatan 2021.

2.2 Instrumen Penelitian

Untuk mengumpulkan data secara komprehensif, penelitian ini mengandalkan beberapa instrumen yang dirinci sebagai berikut:

- Observasi langsung terhadap interaksi pengguna dengan *website* IS Society versi awal.
- Wawancara semi-terstruktur untuk menggali motivasi, kebutuhan, dan hambatan pengguna.
- Platform Maze*, digunakan untuk mengukur performa tugas berdasarkan tiga metrik utama, yaitu *direct success*, *time-on-task*, dan *misclick rate*.
- Kuesioner *System Usability Scale* yang terdiri atas 10 butir pernyataan dengan skala Likert 1–5. Reliabilitas SUS merujuk pada koefisien $\alpha \geq 0,80$ berdasarkan validasi Sauro & Lewis [22], yang menunjukkan konsistensi internal yang tinggi [22].

2.3 Analisis Data

Seluruh data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed-*

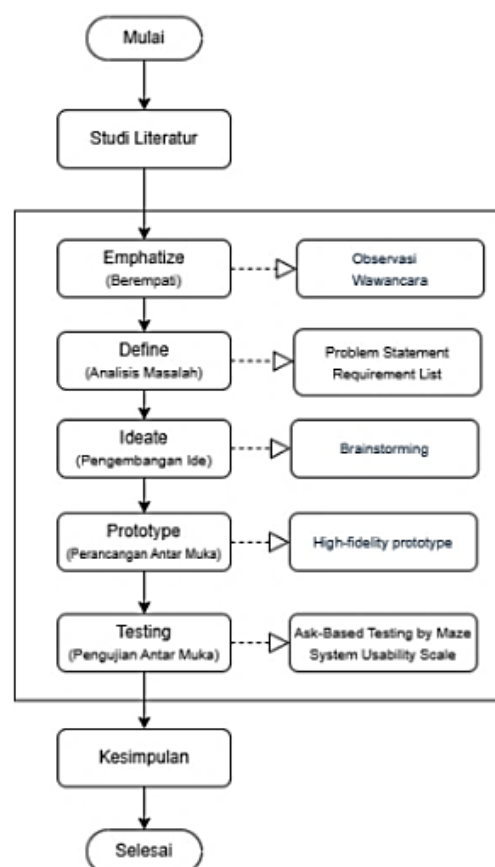
method) yang menggabungkan teknik kualitatif dan kuantitatif:

- Data kualitatif dari observasi dan wawancara dianalisis menggunakan pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola kebutuhan dan pengalaman pengguna.
- Data kuantitatif dari Maze dan SUS dianalisis secara statistik deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata, simpangan baku, dan kategori tingkat kemudahan penggunaan.

Hasil dari kedua jenis analisis kemudian diintegrasikan untuk menghasilkan interpretasi holistik dan rekomendasi perbaikan desain.

2.4 Tahapan Penelitian

Gambar 1 merupakan tahapan penelitian yang mengacu pada kerangka kerja *Design Thinking* yang dikembangkan oleh David Kelley seorang profesor Stanford dan dikontekstualisasikan dalam penelitian akademik [21], [23] yang terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a) *Empathize*

Tahap ini berfokus pada pemahaman mendalam terhadap pengguna melalui observasi langsung terhadap interaksi mahasiswa dengan *website* IS Society versi awal dan wawancara semi-terstruktur untuk mengidentifikasi kebutuhan, motivasi, dan kesulitan mereka dalam

mengakses informasi komunitas akademik yang merupakan inti dari pendekatan *human-centered design* [23].

b) *Define*

Data yang terkumpul dianalisis untuk merumuskan masalah, sehingga informasi empiris dapat diubah menjadi *design insights* yang dapat ditindaklanjuti [21]

c) *Ideate*

Tahap ini melibatkan proses *brainstorming* dengan pengguna untuk mengembangkan berbagai gagasan solusi, yang kemudian diprioritaskan menggunakan matriks kelayakan agar hanya ide paling relevan dan aplikatif yang diimplementasikan [24].

d) *Prototype*

Hasil ideasi kemudian diwujudkan menjadi sebuah *high-fidelity prototype* interaktif menggunakan Figma, yang dirancang menyerupai produk akhir untuk memfasilitasi pengujian realistik dan memperoleh umpan balik yang konkret dari pengguna [25].

e) *Test*

Prototipe diuji dengan melibatkan 40 responden melalui platform Maze untuk mengukur *direct success*, *time-on-task*, dan *miss-click rate*, serta kuesioner *System Usability Scale* (SUS) untuk mengukur *usability* secara kuantitatif [26].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahap *Empathize*

Tahap ini bertujuan untuk memahami kebutuhan, kendala, dan pengalaman nyata pengguna dalam berinteraksi dengan sistem komunitas akademik IS Society. Pada tahap ini, peneliti melakukan observasi langsung terhadap versi awal *website* IS Society yang masih berupa situs lokal, serta wawancara semi-terstruktur dengan 15 mahasiswa dari berbagai angkatan (2021–2024) yang dipilih secara *purposive sampling*. Observasi dilakukan untuk mencatat perilaku pengguna saat mengakses fitur-fitur utama seperti Beranda, Berita, Galeri, dan Publikasi, sedangkan wawancara digunakan untuk menggali persepsi dan ekspektasi mereka terhadap fungsi ideal sebuah *website* komunitas akademik.

Hasil dari tahap *Empathize* yang melibatkan 15 partisipan secara konsisten mengungkap kesenjangan antara fungsionalitas *website* yang ada dengan kebutuhan riil mahasiswa. Hambatan utama teridentifikasi pada area komunikasi dan keterlibatan. Melalui observasi, terlihat jelas bahwa 9 dari 15 partisipan secara aktif mencari cara untuk berinteraksi; mereka menggerakkan kursor ke area kosong setelah membaca pengumuman, seolah mencari tombol "suka" atau "komentar", dan 7 di antaranya bahkan mencoba menavigasi ke fitur forum yang ternyata

tidak ada sebelum akhirnya meninggalkan situs. Perilaku ini menjadi bukti nyata dari apa yang kemudian divalidasi dalam wawancara, di mana 12 partisipan secara eksplisit menyuarakan bahwa *pain point* terbesar mereka adalah ketiadaan ruang diskusi terpusat untuk bertanya kepada senior atau membahas topik perkuliahan.

Masalah kedua yang menonjol adalah kesulitan dalam menemukan informasi prioritas. Sebanyak 10 partisipan teramati ragu-ragu dan membutuhkan lebih dari tiga kali klik saat mencari direktori alumni atau lowongan kerja, yang diperkuat oleh data wawancara bahwa kedua informasi tersebut adalah alasan utama mereka mengunjungi *website*. Hal ini mengindikasikan ketidakselarasan antara arsitektur informasi situs dengan prioritas kebutuhan pengguna.

Terakhir, aspek kenyamanan visual terbukti memengaruhi pengalaman secara langsung. Observasi menangkap 6 partisipan menyipitkan mata saat membaca teks, yang selaras dengan masukan spesifik saat wawancara mengenai perbaikan kontras warna *font* dan penyesuaian palet warna sesuai identitas jurusan. Berdasarkan sintesis temuan-temuan ini, dapat disimpulkan bahwa meskipun dapat dioperasikan, platform IS Society belum berhasil memenuhi kebutuhan esensial pengguna akan sebuah pusat komunitas yang interaktif, informatif, dan nyaman secara visual, sehingga menjadi landasan kuat untuk perancangan ulang sistem.

3.2 Tahap *Define*

Tahap *Define* berfokus pada sintesis temuan dari tahap *Empathize* untuk merumuskan inti permasalahan secara terfokus. Berdasarkan analisis data observasi dan wawancara, teridentifikasi bahwa masalah utama *website* IS Society bukanlah pada fungsionalitas teknis dasar, melainkan pada ketidakselarasannya dengan kebutuhan esensial komunitas. Perilaku pengguna yang secara aktif mencari fitur interaksi seperti forum atau tombol "suka" namun tidak menemukannya, menegaskan adanya hambatan signifikan dalam komunikasi dan keterlibatan. Di sisi lain, observasi terhadap pengguna yang kesulitan menemukan informasi prioritas seperti direktori alumni mengonfirmasi adanya arsitektur informasi yang tidak berpusat pada pengguna. Terakhir, keluhan tentang kenyamanan visual dan identitas merek menunjukkan bahwa platform belum berfungsi sebagai representasi digital yang membanggakan bagi komunitas.

Berdasarkan temuan-temuan yang telah diperoleh, masalah utama ini kemudian dibingkai ulang menjadi pertanyaan desain "*How Might We*" (HMW) untuk memandu proses ideasi solusi. Rumusan ini mencakup: pertama, upaya menciptakan ruang interaksi digital yang mampu mendorong komunikasi dan kolaborasi lintas angkatan secara alami; kedua, strategi penyusunan ulang struktur informasi dan navigasi untuk memastikan fitur prioritas mudah diakses; dan ketiga, pendekatan perancangan

antarmuka visual yang tidak hanya nyaman digunakan, tetapi juga merepresentasikan identitas Program Studi Sistem Informasi UNJANI secara kuat.

Perumusan masalah dan pertanyaan HMW ini menegaskan bahwa mahasiswa membutuhkan lebih dari sekadar repositori informasi; mereka membutuhkan sebuah ekosistem digital yang interaktif, intuitif, dan relevan dengan identitas akademik mereka. Hasil dari tahap *Define* ini menjadi fondasi strategis yang akan mengarahkan proses pencarian solusi kreatif dan konkret pada tahap *Ideate* berikutnya.

3.3 Tahap *Ideate*

Tahap *Ideate* dilakukan untuk mengembangkan solusi dari masalah-masalah utama yang telah dirumuskan pada tahap *Define*. Setiap pertanyaan pada tahap *define* dibedah secara sistematis untuk menghasilkan gagasan-gagasan konkret yang langsung menjawab *pain points* dari tahap *Empathize*. Untuk menjawab tantangan "bagaimana kita bisa menciptakan ruang interaksi digital yang mendorong komunikasi?", muncul ide untuk mengintegrasikan fitur forum diskusi sebagai pusat interaksi utama, yang mudah diakses dari halaman beranda. Ide ini diperkaya dengan usulan fitur pendukung seperti fungsionalitas suka (*like*) dan komentar pada setiap kiriman untuk memberikan umpan balik instan dan mendorong keterlibatan pasif, sebuah solusi langsung atas perilaku pengguna yang teramati mencari-cari tombol interaksi.

Selanjutnya, untuk menanggapi pertanyaan mengenai "bagaimana kita bisa menyusun ulang struktur informasi agar fitur prioritas mudah diakses?", sesi ideasi menghasilkan keputusan strategis untuk merombak navigasi utama. Fitur-fitur yang sebelumnya tidak ada seperti Direktori Alumni diusulkan untuk diangkat menjadi laman terpisah yang memiliki menu utama sendiri. Sementara itu, berbagai informasi pengumuman akademik dan non-akademik diusulkan untuk dikonsolidasikan ke dalam satu menu Berita yang lebih terorganisir, sehingga pengguna dapat menemukan semua informasi terkini di satu tempat yang terpusat. Sementara itu, untuk menjawab pertanyaan tentang "bagaimana kita bisa merancang antarmuka yang merepresentasikan identitas jurusan?", ide-ide yang muncul berfokus pada elemen visual, seperti pengembangan *style guide* yang mencakup palet warna resmi jurusan, tipografi yang lebih mudah dibaca, dan desain ikon yang konsisten.

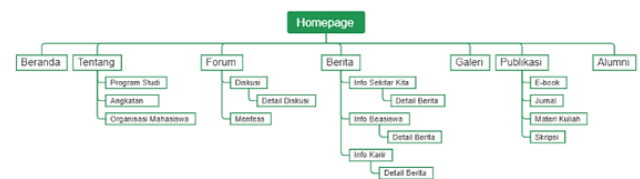
Seluruh ide yang terkumpul kemudian tidak langsung diadopsi, melainkan dievaluasi secara kritis menggunakan matriks prioritas dengan dua kriteria utama: dampak terhadap pengguna yaitu sejauh mana ide tersebut mampu menyelesaikan *pain point* utama dan kelayakan teknis. Ide-ide dengan skor tertinggi pada kedua kriteria tersebut, seperti pembuatan forum diskusi dan perombakan navigasi, diprioritaskan. Dengan demikian, proses *Ideate* ini berhasil menerjemahkan serangkaian masalah

pengguna yang kompleks menjadi sebuah konsep rancangan yang kohesif, terdefinisi dengan baik, dan siap untuk diwujudkan dalam bentuk *high-fidelity prototype* pada tahap selanjutnya.

3.4 Tahap *Prototype*

Tahap *Prototype* merupakan tahap realisasi dari ide-ide yang telah dihasilkan sebelumnya pada fase *Ideate*, di mana rancangan sistem komunitas akademik IS Society UNJANI divisualisasikan dalam bentuk prototipe interaktif menggunakan perangkat lunak Figma. Prototipe yang dihasilkan berbentuk *high-fidelity design*, yang menampilkan simulasi antarmuka serta alur interaksi pengguna sebagaimana sistem yang sebenarnya. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk memvalidasi ide yang dikembangkan, menerjemahkan kebutuhan pengguna ke dalam elemen visual dan fungsional, serta menyediakan dasar pengujian *usability* di tahap berikutnya.

Perancangan dimulai dengan penyusunan kerangka arsitektur informasi baru berdasarkan hasil temuan pada tahap *Empathize* dan *Ideate*. Dalam versi awal, struktur *website* hanya terdiri dari halaman statis seperti Beranda, Tentang, Berita, Galeri dan Publikasi tanpa hierarki navigasi yang jelas. Berdasarkan masukan pengguna yang menginginkan pengalaman yang lebih terorganisir dan interaktif, struktur navigasi kemudian diperbarui menjadi *sitemap* yang ditunjukkan pada Gambar 2.

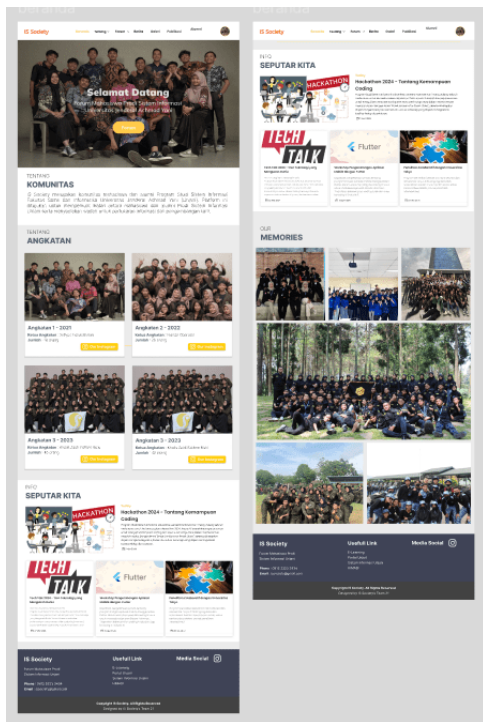


Gambar 2. Restructured Sitemap

Berikut adalah penjelasan rinci mengenai fitur-fitur utama yang dirancang dalam prototipe, sesuai dengan struktur *sitemap* yang telah dikembangkan:

a) Halaman Beranda

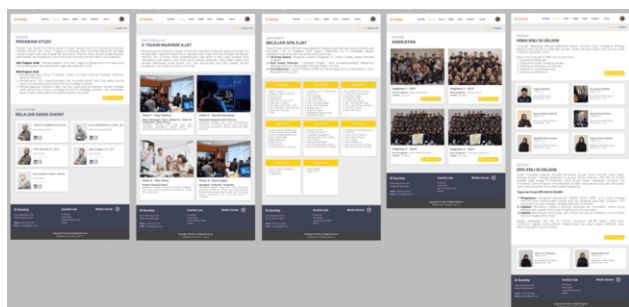
Halaman beranda pada Gambar 3 dirancang ulang dengan tujuan untuk mengubahnya dari laman statis menjadi sebuah *dashboard* komunitas yang dinamis, yang secara langsung menjawab kebutuhan pengguna akan informasi yang relevan dan menarik sejak pertama kali mereka berkunjung. Secara visual, antarmuka ini menonjolkan bagian "Angkatan" dan "Seputar Kita" untuk secara aktif menampilkan kegiatan terbaru dan berita, sehingga pengguna tidak lagi kesulitan mencari informasi prioritas. Dengan demikian, struktur ini tidak hanya menciptakan kesan pertama yang kuat dan representatif, tetapi juga berfungsi sebagai gerbang utama yang memandu pengguna secara intuitif ke fitur-fitur interaktif seperti Forum dan Event yang paling mereka butuhkan.



Gambar 3. Halaman Beranda

b) Halaman Tentang

Menu tentang pada Gambar 4 dirancang dengan tujuan untuk membangun dan memperkuat identitas komunitas, sebuah respons langsung terhadap temuan tahap *Empathize* yang menunjukkan bahwa pengguna menginginkan platform yang tidak hanya fungsional tetapi juga representatif. Secara visual, menu ini dibagi menjadi tiga pilar informasi utama yaitu Program Studi, Angkatan, dan Organisasi Mahasiswa untuk menyajikan informasi fundamental secara terstruktur. Dengan demikian, arsitektur ini secara langsung mengatasi *pain point* pengguna terkait informasi yang tersebar dan tidak terpusat, dengan menyediakan satu sumber rujukan yang jelas dan mudah diakses.



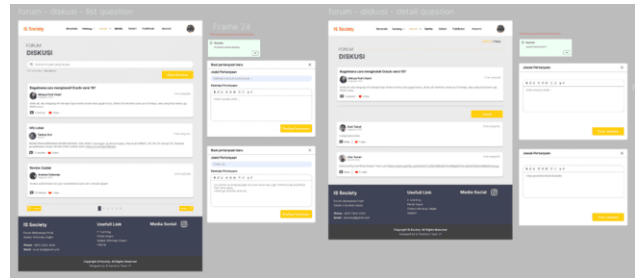
Gambar 4. Halaman Tentang

c) Halaman Forum

Halaman forum pada

Gambar 5 dirancang sebagai solusi utama untuk mengatasi hambatan komunikasi dan keterlibatan, yang teridentifikasi sebagai *pain point* terbesar pengguna pada tahap *Empathize*. Secara fungsional, antarmuka ini dibagi

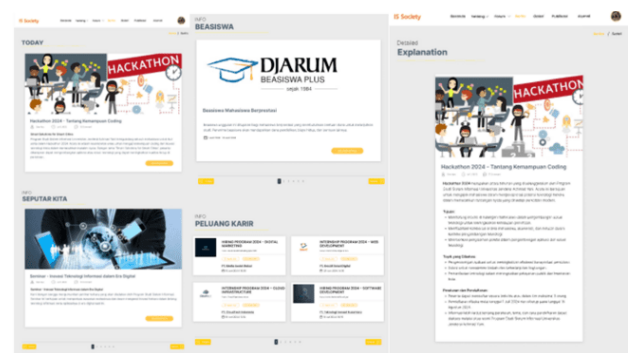
menjadi dua area utama untuk mengakomodasi berbagai jenis interaksi: Diskusi, sebuah forum terstruktur untuk tanya-jawab akademis yang dilengkapi fitur *like* dan komentar, serta Menfess, sebuah ruang yang lebih informal untuk kiriman anonim. Dengan menyediakan pusat interaksi digital yang jelas dan mudah diakses, desain ini secara langsung menjawab perilaku pengguna yang teramati aktif mencari ruang untuk berdiskusi dan memberikan umpan balik, sehingga mentransformasi platform dari statis menjadi kolaboratif.



Gambar 5. Halaman Forum

d) Halaman Berita

Halaman berita pada Gambar 6 dirancang ulang dengan tujuan untuk mengkonsolidasikan semua informasi yang sebelumnya tersebar menjadi satu pusat pengumuman yang terorganisir, sebuah respons langsung terhadap *pain point* pengguna yang kesulitan menemukan informasi prioritas. Secara visual, antarmuka ini secara strategis mengategorikan konten ke dalam tiga bagian utama: Info Sekitar Kita, Info Beasiswa, dan Info Karir. Dengan demikian, struktur ini secara langsung mengatasi frustrasi pengguna yang teridentifikasi pada tahap *Empathize*, dengan menyediakan alur yang jelas dan terpusat untuk mengakses informasi-informasi penting yang paling mereka cari.

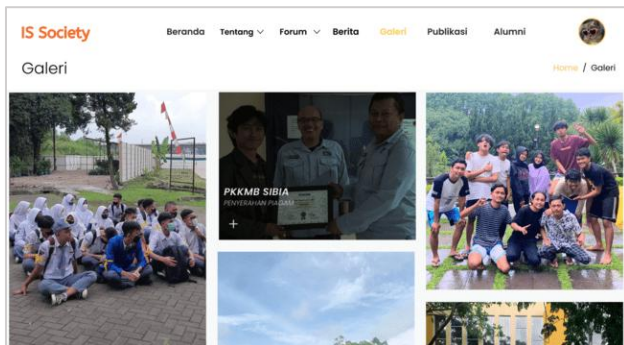


Gambar 6. Halaman Berita

e) Halaman Galeri

Halaman galeri pada Gambar 7 dirancang dengan tujuan untuk menyediakan dokumentasi visual yang membangun narasi dan memperkuat identitas komunitas, menjawab kebutuhan pengguna akan platform yang lebih representatif yang terungkap selama tahap *Empathize*. Secara visual, laman ini akan menampilkan album-album foto yang terorganisir berdasarkan kegiatan atau

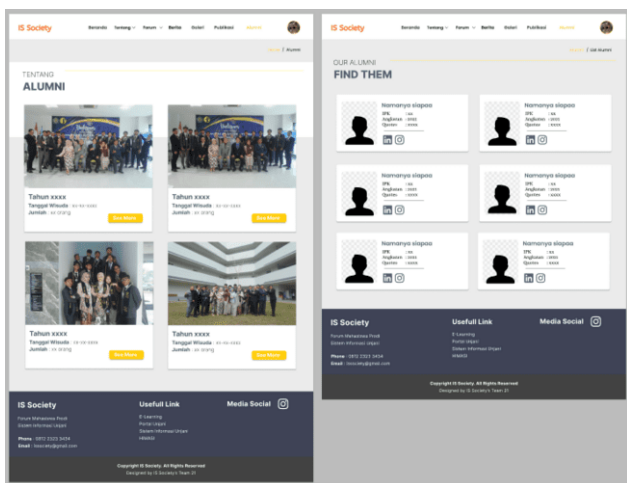
angkatan. Dengan mengabadikan dan memamerkan momen-momen kebersamaan, desain ini berfungsi untuk memperkuat rasa memiliki dan secara visual menceritakan perjalanan komunitas IS Society.



Gambar 7. Halaman Galeri

f) Halaman Profil Alumni

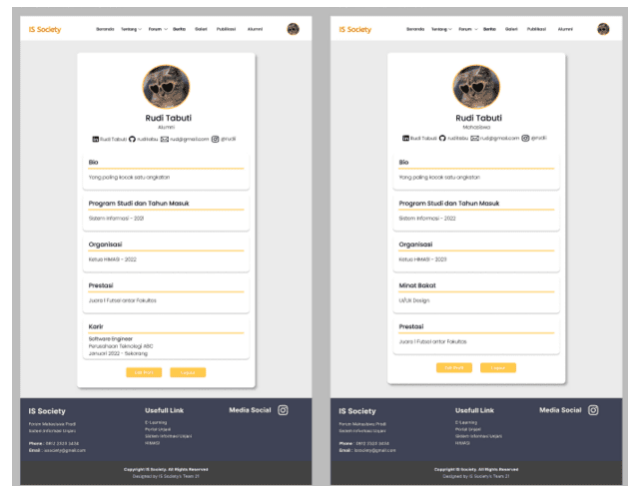
Halaman profil alumni pada Gambar 8 dirancang secara khusus untuk menjawab kebutuhan mendesak pengguna untuk berjejaring dan belajar dari pengalaman para senior, yang teridentifikasi sebagai salah satu prioritas utama pada tahap *Empathize*. Halaman ini berfungsi sebagai sebuah direktori alumni yang interaktif, di mana pengguna dapat mencari atau memfilter profil berdasarkan angkatan atau bidang pekerjaan. Dengan menyediakan jembatan koneksi yang jelas dan mudah diakses, fitur ini secara langsung mengatasi salah satu frustrasi terbesar pengguna dan mentransformasi *website* menjadi alat jejaring profesional yang bernilai.



Gambar 8. Halaman Profil Alumni

g) Halaman Profil Pengguna

Halaman profil pengguna pada Gambar 9 dirancang dengan tujuan untuk memberikan pengguna kendali penuh atas data pribadi. Secara visual, antarmuka ini menyediakan ringkasan informasi pengguna seperti data pribadi dan statistik aktivitas, serta menyediakan akses mudah ke fungsi "Edit Profile" dan "Change Password".



Gambar 9. Halaman Profil Pengguna

Secara keseluruhan, prototipe *high-fidelity* yang dikembangkan menggunakan Figma ini merupakan manifestasi visual dan fungsional dari seluruh proses *Design Thinking* yang telah dilalui. Berangkat dari wawasan mendalam pada tahap *Empathize* dan rumusan masalah pada tahap *Define*, setiap halaman mulai dari Beranda yang dinamis, Forum diskusi yang interaktif, hingga laman Berita, Alumni, dan Karir yang terstruktur dirancang secara sengaja untuk menjawab *pain points* spesifik terkait komunikasi, penemuan informasi, dan penguatan identitas komunitas. Dengan demikian, prototipe ini telah berhasil menerjemahkan serangkaian kebutuhan pengguna menjadi sebuah solusi desain yang kohesif dan representatif. Kini, sebagai model sistem yang realistis, prototipe ini siap untuk memasuki tahap evaluasi empiris berikutnya, yaitu tahap *Test*, di mana efektivitas dan tingkat kegunaannya akan diukur secara langsung dengan pengguna sesungguhnya.

3.5 Tahap Test

Tahap *Test* merupakan fase evaluasi dalam kerangka *Design thinking* yang bertujuan untuk memvalidasi efektivitas prototipe melalui interaksi dengan pengguna nyata dan mendapatkan wawasan langsung dari pengguna sebagai landasan untuk penyempurnaan desain secara berulang. Untuk memperoleh evaluasi yang holistik, pengujian ini menggunakan pendekatan *mixed-method* yang menggabungkan dua teknik. Pertama, pengujian kuantitatif berbasis tugas menggunakan Maze untuk mengukur metrik perilaku secara objektif, seperti efisiensi dan tingkat keberhasilan pengguna. Kedua, evaluasi persepsi menggunakan kuesioner *System Usability Scale* untuk mendapatkan skor kuantitatif mengenai persepsi subjektif pengguna terhadap kemudahan penggunaan sistem.

1) Hasil Pengujian *System Usability Scale*

System Usability Scale adalah instrumen standar yang populer dalam penelitian *usability*: terdiri dari 10 pernyataan (status setuju / tidak setuju pada skala Likert

1–5), dengan 5 pernyataan bersifat positif dan 5 negatif (alternatif dibalik). Dalam studi ini, setelah partisipan menyelesaikan serangkaian tugas interaksi (*Maze*), mereka mengisi kuesioner SUS. Skor SUS dihitung menurut prosedur standar: untuk item ganjil (positif), skor = (nilai – 1); untuk item genap (negatif), skor = (5 – nilai). Jumlah skor dari 10 item kemudian dikalikan 2,5, menghasilkan rentang skor 0–100.

Tabel 1. Hasil Pengujian SUS

Statistik	Nilai
Jumlah responden	40
Rata-rata skor SUS	87,06
Kategori penerimaan	<i>Excellent</i>

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata hasil pengujian SUS sebesar 87,06 menunjukkan tingkat *usability* yang sangat baik, jauh di atas nilai ambang batas 68 yang secara internasional digunakan sebagai *benchmark* “rata-rata” (*acceptable*) [26]. Berdasarkan klasifikasi interpretatif yang diperkenalkan oleh Bangor, Kortum, & Miller, skor di atas 85,5 termasuk dalam kategori *Excellent* [27], menandakan bahwa pengguna merasakan sistem mudah digunakan, efisien, dan menyenangkan untuk dioperasikan.

Secara umum, mayoritas responden memberikan skor tinggi pada butir-butir positif seperti “Saya merasa sistem ini mudah digunakan” (Q3) dan “Saya percaya diri menggunakan sistem ini” (Q9), yang menandakan bahwa rancangan antarmuka telah meminimalkan beban kognitif pengguna. Namun, terdapat beberapa pernyataan yang memperoleh skor relatif lebih rendah, seperti “Saya merasa sistem ini terlalu kompleks” (Q2) dan “Saya perlu mempelajari banyak hal sebelum dapat menggunakan sistem ini” (Q10). Meskipun masih dalam rentang positif, hasil tersebut mengindikasikan bahwa sebagian kecil pengguna masih membutuhkan sedikit adaptasi awal untuk memahami seluruh fitur, terutama pada bagian navigasi lanjutan. Dengan demikian, pengembangan selanjutnya sebaiknya berfokus pada penyederhanaan struktur navigasi, peningkatan konsistensi ikon dan label, serta penyediaan panduan awal agar pengalaman pengguna baru dapat seoptimal pengguna berpengalaman.

2) Hasil Pengujian *Maze*

Pengujian berbasis tugas dilakukan menggunakan platform *Maze* untuk memahami secara visual dan kuantitatif bagaimana pengguna berinteraksi dengan antarmuka. Partisipan diminta untuk menyelesaikan delapan skenario penggunaan utama yang merepresentasikan aktivitas nyata dalam ekosistem komunitas IS Society. Hasil pengujian dirangkum dalam Tabel 2, yang menyajikan metrik kuantitatif seperti *Direct Success*, *Mission Unfinished*, *Misclick Rate* dan *Avg. Duration*.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Maze*

Skenario Pengujian	<i>Direct Success</i>	<i>Mission Unfinished</i>	<i>Misclick Rate</i>	<i>Avg. Duration</i>
Aktivasi dan Login	89%	3.2%	8.2%	35.8s
Mengenal Identitas Komunitas	100%	0%	5.5%	48.1s
Memulai Topik Diskusi	92.5%	2.5%	25.8%	58.2s
Berinteraksi dalam Diskusi	97.5%	0%	18.9%	45.3s
Mencari Info Beasiswa & Karir	90%	0%	11.5%	33.6s
Mencari Referensi & Alumni	95%	0%	15.6%	40.9s
Mengelola Profil & Logout	90%	2.5%	22.4%	49.1s
Memulihkan Akun	100%	0%	8.7%	38.4 s

Hasil pengujian *Maze* menunjukkan bahwa prototipe IS *Society* memiliki navigasi yang cukup efisien, dengan rata-rata *direct success* sebesar 94.25% menandakan alur penggunaan mudah dipahami oleh sebagian besar pengguna. Hambatan yang muncul bukan disebabkan oleh kompleksitas fungsi, melainkan oleh elemen visual yang kurang menonjol dan area interaktif yang tidak konsisten. Tombol Aktivasi dan Mulai Diskusi sering terlewat karena posisinya kurang terlihat dan kontras warnanya lemah, sedangkan pada fitur Diskusi dan Alumni, pengguna beberapa kali melakukan *misclick* pada area non-interaktif. Selain itu, tombol *Logout* yang tersembunyi di bagian paling bawah halaman profil menyebabkan sebagian pengguna membutuhkan waktu lebih lama untuk menemukannya. Oleh karena itu, iterasi desain berikutnya perlu difokuskan pada penegasan posisi dan kontras tombol utama, penambahan umpan balik visual, serta penyederhanaan area interaktif agar *misclick rate* dapat ditekan dan efisiensi navigasi meningkat.

3) Sintesis Hasil Pengujian

Temuan dari SUS dan *Maze* menunjukkan konsistensi yang kuat antara persepsi subjektif pengguna dan performa objektif sistem. Nilai SUS yang tinggi yaitu 87,06 dengan kategori *Excellent* sejalan dengan *success rate* yang juga tinggi dalam *Maze* dengan rata-rata >95%, menandakan bahwa prototipe IS *Society* telah mencapai tingkat *usability* yang Sangat Baik, baik secara perseptual maupun perilaku. Hambatan kecil yang teridentifikasi seperti tombol yang kurang terlihat, area klik yang ambigu, dan posisi ikon *logout* yang tersembunyi, memberikan masukan penting bagi iterasi desain selanjutnya. Dengan melakukan penyempurnaan pada

aspek *visual hierarchy*, *affordance*, dan umpan balik interaksi, sistem diharapkan mampu memberikan pengalaman pengguna yang lebih intuitif, efisien, dan konsisten pada tahap implementasi akhir.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metodologi *Design thinking* secara menyeluruh berhasil mencapai seluruh tujuan penelitian, yaitu merancang prototipe *website* komunitas akademik IS Society yang berpusat pada pengguna dan memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang tinggi. Keberhasilan ini dibuktikan melalui evaluasi kuantitatif dengan tingkat keberhasilan tugas sebesar 94,25% pada pengujian *Maze* dan skor rata-rata 87,06 pada pengujian *System Usability Scale* (SUS) berkategori *Excellent*. Temuan ini mengindikasikan bahwa rancangan antarmuka yang dihasilkan mampu mengurangi beban kognitif, mempermudah navigasi, serta meningkatkan efisiensi interaksi pengguna secara signifikan.

Secara akademis, penelitian ini memberikan kontribusi empiris mengenai efektivitas *Design Thinking* dalam menjembatani kesenjangan antara fungsionalitas teknis dan kebutuhan sosial di lingkungan akademik. Nilai kebaruan penelitian terletak pada integrasi metode *user-centered* dalam konteks spesifik komunitas IS Society UNJANI yang sebelumnya tidak memiliki acuan desain baku. Hal ini memperkaya literatur dengan mendemonstrasikan bagaimana kebutuhan komunitas yang abstrak dapat ditransformasikan menjadi fitur antarmuka konkret yang meningkatkan keberterimaan sistem, sekaligus menjadi referensi praktis bagi pengembangan sistem serupa di perguruan tinggi.

Meskipun hasil yang diperoleh sudah memenuhi target *usability*, penelitian ini masih memiliki peluang pengembangan, terutama dalam hal konsistensi tampilan visual, peningkatan kejelasan tombol dan menu, serta penyediaan panduan awal bagi pengguna baru. Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi sistem *website* dinamis yang terintegrasi dengan basis data universitas, serta perluasan fungsi komunitas seperti forum lintas fakultas, sistem rekomendasi kolaborasi akademik, dan fitur motivasional untuk meningkatkan partisipasi pengguna.

Sebagai tindak lanjut, penelitian lanjutan disarankan untuk menerapkan evaluasi *usability* jangka panjang guna memantau pengalaman pengguna secara berkelanjutan, serta memanfaatkan analisis perilaku berbasis *heatmap tracking* atau *A/B testing* sebagai dasar iterasi desain berbasis data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Kayanja, M. Kyambade, and T. Kiggundu, "Exploring digital transformation in higher education setting: the shift to fully automated and paperless systems," *Cogent Educ.*, vol. 12, no. 1, p., 2025, doi: 10.1080/2331186X.2025.2489800.
- [2] I. L. Petre, D. A. Hristache, M. M. Dobrescu, A. Constantin, E. C. Dumitra, and C. G. Radu, "Digital Communication in Higher Education Settings: A Pilot Study on Students' Behavioural Trends," *Sustain.*, vol. 17, no. 7, pp. 1–12, 2025, doi: 10.3390/su17073038.
- [3] X. Xin, S. Tianlei, and L. Chao, "Analyzing Students' Perceptions of Information Communication Channels as E-Learning Platforms in Higher Education," *Prof. la Inf.*, vol. 33, no. 6, pp. 1–14, 2025, doi: 10.3145/epi.2024.ene.0605.
- [4] G. Tazhenova, N. Mikhaylova, and B. Turgunbayeva, "Digital media in informal learning activities," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 16, pp. 21673–21690, Nov. 2024, doi: 10.1007/s10639-024-12687-y.
- [5] J. F. E. van Calis, J. Naaldenberg, A. W. C. van der Cruysen, M. C. J. Koks-Leensen, G. L. Leusink, and K. E. Bevelander, "Inclusive digital platforms: Designing for and with users with mild intellectual disabilities or low literacy skills," *Comput. Hum. Behav. Reports*, vol. 17, no. October 2024, p. 100617, 2025, doi: 10.1016/j.chbr.2025.100617.
- [6] F. Ezech, O. Adanigbo, U. Ugbaja et al., "Systematic Review of User Experience Optimization in Multi-Channel Digital Payment Platform Design," *Gulf J. Adv. Bus. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 271–282, 2023, doi: 10.51594/gjabr.v1i3.135.
- [7] M. C. R. da Costa, "the Importance of User Interface Design in Real Estate Platforms," *Int. Seven J. Multidiscip.*, vol. 1, no. 1, 2024, doi: 10.56238/isevmjv1n1-018.
- [8] R. Alsaeed and M. Mahdi Hassan, "Common Usability Issues on University's Websites," no. c, pp. 67–72, 2022.
- [9] Zulfiandri, S. N. Putri, and A. Subiyakto, "Evaluating User Interface of A Transport Application Using Usability Evaluation Methods," in *2021 9th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, Sep. 2021, pp. 1–7, doi: 10.1109/CITSM52892.2021.9589020.
- [10] S. Kazemi, G. Liebchen, and D. Cetinkaya, "A Survey on the Usability and User Experience of the Open Community Web Portals," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 13516 LNCS, no. June 2025, pp. 409–423, 2022, doi: 10.1007/978-3-031-17615-9_28.
- [11] A. Minet, D. Wentzel, S. Raff, and J. Garbas, "Design thinking in physical and virtual environments: Conceptual foundations, qualitative analysis, and practical implications," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 207, no. July, p. 123596, 2024, doi: 10.1016/j.techfore.2024.123596.
- [12] R. Verganti, C. Dell'Era, and K. S. Swan, "Design thinking: Critical analysis and future evolution," *J.*

- Prod. Innov. Manag.*, vol. 38, no. 6, pp. 603–622, Nov. 2021, doi: 10.1111/jpim.12610.
- [13] R. Razzouk and V. Shute, “What Is Design Thinking and Why Is It Important?,” *Rev. Educ. Res.*, vol. 82, no. 3, pp. 330–348, Sep. 2012, doi: 10.3102/0034654312457429.
- [14] C. Nakata and J. Hwang, “Design thinking for innovation: Composition, consequence, and contingency,” *J. Bus. Res.*, vol. 118, pp. 117–128, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.jbusres.2020.06.038.
- [15] C. B. Muñoz, N. H. Nanclares, L. R. Murillo Zamorano, and J. Á. L. Sánchez, “Design Thinking in Higher Education,” *Gamification Des. Think. High. Educ.*, no. November, pp. 37–61, 2023, doi: 10.4324/9781032675558-3.
- [16] P. Y. Pratiwi and N. P. E. Suchahyani, “Implementation of Design Thinking Method and Usability Testing in the Design of a Scholarship Information System,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 21, no. 2, pp. 133–144, 2024, doi: 10.23887/jptkuniksha.v21i2.81688.
- [17] Y. Sürmelioglu and M. Erdem, “Design, implementation, and evaluation of an online instructional process to enhance teachers’ design thinking skills,” *Humanit. Soc. Sci. Commun.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2025, doi: 10.1057/s41599-025-05131-0.
- [18] Y. Deng and W. Liu, “Board 72: How to Develop Engineering Students as Design Thinkers: A Systematic Review of Design Thinking Implementations in Engineering Education,” doi: 10.18260/1-2--42918.
- [19] L. F. Alvarado, “Design thinking as an active teaching methodology in higher education: a systematic review,” *Front. Educ.*, vol. 10, Mar. 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1462938.
- [20] T. Li and Z. Zhan, “A Systematic Review on Design Thinking Integrated Learning in K-12 Education,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 16, p. 8077, Aug. 2022, doi: 10.3390/app12168077.
- [21] S. Magistretti *et al.*, “Unpacking experimentation in design thinking: Contributions to innovation performance and the moderating role of digital technologies,” *Technovation*, vol. 141, no. March 2024, p. 103187, 2025, doi: 10.1016/j.technovation.2025.103187.
- [22] J. Sauro and J. R. Lewis, “Quantifying user research,” in *Quantifying the User Experience*, Elsevier, 2016, pp. 9–18.
- [23] J. Auernhammer and B. Roth, “The origin and evolution of Stanford University’s design thinking: From product design to design thinking in innovation management,” *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 38, no. 6, pp. 623–644, 2021, doi: 10.1111/jpim.12594.
- [24] S. Panke, “Design Thinking in Education: Perspectives, Opportunities and Challenges,” *Open Educ. Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 281–306, Jan. 2019, doi: 10.1515/edu-2019-0022.
- [25] B. Mostefai, T. Bouteffara, N. Bousbia, A. Balla, S. Dhelim, and A. Hammia, “Enhancing user experience in e-learning systems: A new user-centric RESTful web services approach,” *Comput. Hum. Behav. Reports*, vol. 18, p. 100643, May 2025, doi: 10.1016/j.chbr.2025.100643.
- [26] M. Hyzy *et al.*, “System Usability Scale Benchmarking for Digital Health Apps: Meta-analysis,” *JMIR mHealth uHealth*, vol. 10, no. 8, p. e37290, Aug. 2022, doi: 10.2196/37290.
- [27] A. Bangor, P. Kortum, and J. Miller, “Determining what individual SUS scores mean; adding an adjective rating,” *J. usability Stud.*, vol. 4, no. 3, pp. 114–23, 2009.



PERBANDINGAN *MESH* WI-FI DAN WI-FI KONVENSIONAL DALAM MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN JARINGAN KAMPUS

Cancan Firman Wilantika¹, Yulikuspartono²

^{1,2} Informatika, Universitas La Tansa Mashiro
 Lebak, Banten, Indonesia 42317
cancan@unilam.ac.id, yulikuspartono@unilam.ac.id

Abstract

The demand for reliable internet connectivity on campus has increased as digital learning systems have been implemented. Conventional Wi-Fi networks often face limitations in coverage, connection stability, and service quality when the number of users increases. This study aims to compare the performance of Mesh Wi-Fi and Conventional Wi-Fi in improving campus network service quality. The methods include a literature review, infrastructure survey, Mesh Wi-Fi installation, and Quality of Service (QoS) measurements, including throughput, latency, packet loss, and signal coverage. Data were collected through direct testing in three buildings during peak and off-peak hours, as well as through a user satisfaction survey. The results show that Mesh Wi-Fi outperforms Conventional Wi-Fi, with relatively stable download and upload throughput above 90 Mbps, lower average latency ($\pm 11-13$ ms), jitter below 5 ms, and packet loss of less than 1%. In contrast, Conventional Wi-Fi experiences bandwidth degradation of up to approximately 30% at the farthest building, along with increased latency and packet loss. User survey results also indicate higher satisfaction with Mesh Wi-Fi, particularly in terms of connection stability, speed, and roaming convenience.

Keywords: *Conventional Wi-Fi, Campus Network, Latency, Mesh Wi-Fi, Service Quality*

Abstrak

Kebutuhan akan jaringan internet yang andal di kampus meningkat seiring penerapan sistem pembelajaran digital. Jaringan Wi-Fi konvensional sering mengalami keterbatasan cakupan, stabilitas koneksi, dan kualitas layanan saat jumlah pengguna tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan performa *Mesh* Wi-Fi dan Wi-Fi konvensional dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan di kampus. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, survei infrastruktur, instalasi *Mesh* Wi-Fi, serta pengukuran *Quality of Service* (QoS) berupa *throughput*, *latency*, *packet loss*, dan cakupan sinyal. Data dikumpulkan melalui pengujian langsung pada tiga gedung pada jam sibuk dan sepi, serta survei kepuasan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Mesh* Wi-Fi memberikan performa yang lebih unggul dibandingkan Wi-Fi konvensional, dengan *throughput* unduh/unggah yang relatif stabil di atas 90 Mbps, *latency* rata-rata lebih rendah ($\pm 11-13$ ms), *jitter* di bawah 5 ms, serta *packet loss* kurang dari 1%. Sementara itu, Wi-Fi konvensional mengalami penurunan *bandwidth* hingga sekitar 30% pada gedung terjauh serta peningkatan *latency* dan *packet loss*. Survei pengguna juga menunjukkan tingkat kepuasan yang lebih tinggi pada penggunaan *Mesh* Wi-Fi, khususnya dalam aspek stabilitas koneksi, kecepatan, dan kemudahan *roaming*.

Kata kunci: Jaringan Kampus, Kualitas Layanan, *Latency*, *Mesh* Wi-Fi, Wi-Fi Konvensional.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan, khususnya di perguruan tinggi. Akses internet yang stabil, cepat, dan merata menjadi kebutuhan penting untuk mendukung proses pembelajaran digital, penelitian, serta kegiatan administrasi akademik. Salah satu infrastruktur utama yang digunakan adalah jaringan nirkabel atau Wi-Fi yang memungkinkan pengguna terhubung ke internet secara fleksibel tanpa keterbatasan kabel. Namun, jaringan Wi-Fi konvensional masih menghadapi berbagai kendala, seperti

jangkauan sinyal yang terbatas, gangguan koneksi ketika pengguna berpindah antar *access point*, serta penurunan kualitas layanan ketika jumlah pengguna meningkat. Kondisi ini menimbulkan ketidaknyamanan bagi mahasiswa, dosen, maupun tenaga kependidikan yang bergantung pada layanan internet dalam aktivitas sehari-hari.

Meskipun berbagai penelitian terdahulu telah membahas implementasi dan kinerja *Mesh* Wi-Fi pada lingkungan perumahan, daerah terpencil, maupun skala rumah tangga, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait perbandingan

langsung antara *Mesh* Wi-Fi dan Wi-Fi konvensional pada lingkungan kampus daerah dengan karakteristik multi-gedung, multi-lantai, dan mobilitas pengguna yang tinggi. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada satu jenis jaringan atau tidak mengintegrasikan pengukuran parameter *Quality of Service* (QoS) dengan evaluasi kepuasan pengguna secara bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi spesifik berupa analisis komparatif performa *Mesh* Wi-Fi dan Wi-Fi konvensional berdasarkan parameter QoS dan persepsi pengguna pada konteks kampus di daerah, yang hingga saat ini masih relatif jarang dilaporkan dalam literatur nasional.

Penelitian mengenai jaringan nirkabel, khususnya *Mesh* Wi-Fi, telah banyak dilakukan baik di lingkungan akademik maupun non-akademik. Penelitian sebelumnya [1] mengembangkan *wireless mesh node* berbasis perangkat Soekris net4801 dengan protokol OLSRd untuk jaringan komunitas. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa topologi *mesh* mampu menciptakan jaringan yang stabil dan dapat diandalkan untuk menjangkau area yang lebih luas dibandingkan jaringan konvensional.

Penelitian sebelumnya tentang penerapan *Mesh* Wi-Fi pada lingkungan perumahan. Mereka menemukan bahwa penggunaan *Mesh* dapat meningkatkan jangkauan sinyal hingga 70% dibandingkan dengan Wi-Fi konvensional. Penelitian ini menegaskan bahwa *Mesh* lebih adaptif dalam lingkungan dengan hambatan fisik dan distribusi pengguna yang tidak merata [2].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan *Software-Defined Networking* (SDN) dalam *Mesh* Wi-Fi dapat meningkatkan efisiensi *routing* dan pengaturan trafik secara detail (*fine-grained*), sehingga membantu mengatasi keterbatasan jaringan tradisional dan meningkatkan kualitas layanan secara keseluruhan [3].

Pada penelitian yang dilakukan [4], dibahas mengenai penerapan *Wireless Distribution System* (WDS) *Mesh* untuk mengoptimalkan cakupan jaringan Wi-Fi di lingkungan Universitas Muhammadiyah Jember. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan topologi *Mesh* dengan WDS mampu memperluas area jangkauan sinyal dan meningkatkan kualitas layanan jaringan, terutama pada area yang sebelumnya tidak terjangkau oleh jaringan Wi-Fi konvensional. Pendekatan ini juga dinilai lebih efektif dalam mengatasi keterbatasan infrastruktur jaringan yang hanya mengandalkan satu titik akses utama. Temuan tersebut memperkuat argumen bahwa *Mesh* Wi-Fi memiliki keunggulan dalam hal perluasan cakupan dan reliabilitas jaringan dibandingkan dengan model Wi-Fi konvensional.

Pada [5] meneliti pengaruh jumlah *hop* dalam jaringan *Wireless Mesh Network*. Istilah *hop* sendiri merujuk pada jumlah lompatan data yang harus dilalui dari satu *node* ke *node* lain hingga mencapai tujuan akhir. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa semakin banyak *hop* yang dilewati, maka kualitas layanan (QoS) jaringan cenderung

menurun, terutama pada parameter *throughput* dan *delay*. Namun, topologi multi-*hop* memberikan keuntungan dalam hal perluasan jangkauan jaringan pada area yang lebih luas atau gedung bertingkat, karena setiap *node mesh* dapat berfungsi sebagai perantara untuk meneruskan sinyal. Hal ini menjadikan *Mesh* Wi-Fi lebih fleksibel dibandingkan dengan Wi-Fi konvensional yang bergantung pada satu *access point* utama tanpa kemampuan perpanjangan sinyal secara dinamis.

Sementara itu, pada penelitian [6] melakukan penelitian mengenai rancangan topologi *Mesh Point-to-Point fully connected* di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Hasil penelitian membuktikan bahwa topologi *mesh* yang terhubung penuh dapat meningkatkan reliabilitas dan ketersediaan layanan jaringan antar gedung kampus, sekaligus mengurangi kemungkinan *single point of failure*.

Penelitian [7] membahas kinerja jaringan komunikasi nirkabel berbasis *Xbee* dengan membandingkan tiga bentuk topologi, yaitu *bus*, *star*, dan *mesh*. Pengujian dilakukan pada kondisi *indoor* maupun *outdoor* dengan variasi jarak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa topologi *mesh* memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan topologi *bus* dan *star*, terutama dalam hal *delay* dan *packet loss*. Pada pengujian *indoor* dengan jarak 0–40 meter serta *outdoor* hingga 120 meter, topologi *mesh* mampu menjaga kualitas komunikasi tetap stabil meskipun jumlah *node* bertambah. Temuan ini memberikan dasar penting bagi pengembangan jaringan di lingkungan kampus, karena menunjukkan bahwa topologi *mesh* lebih unggul dalam menjaga keandalan koneksi pada area dengan cakupan yang luas dan jumlah pengguna yang besar. Dengan demikian, penerapan *Mesh* Wi-Fi pada penelitian ini dapat diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang umum terjadi pada jaringan konvensional, seperti keterbatasan jangkauan dan menurunnya kualitas sinyal di titik terjauh.

Penelitian lain [8] mengusulkan optimasi terhadap protokol *routing* OLSR melalui mekanisme *adaptive refreshing time interval* dan peningkatan algoritma pemilihan *Multi-Point Relay* (MPR). Dalam simulasi, optimasi ini terbukti meningkatkan *throughput* secara signifikan dibandingkan OLSR standar—meskipun sedikit berdampak pada *delay*—yang menunjukkan bahwa konfigurasi parameter protokol dapat menyeimbangkan performa jaringan WMN. Temuan ini sangat relevan dengan penelitian yang penulis lakukan, karena menekankan bahwa bukan hanya topologi *mesh* saja yang penting, tetapi juga penyetelan protokol *routing* yang tepat untuk menjaga kualitas layanan jaringan kampus.

Penelitian yang dilakukan [9] menganalisis kualitas layanan jaringan Wi-Fi di Gedung Digital Center Universitas Negeri Semarang dengan menggunakan perangkat lunak *Wireshark* sebagai alat pengukuran. Parameter yang diuji meliputi *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, sesuai dengan indikator *Quality of Service* (QoS) standar. Penelitian ini

memberi tolok ukur empiris dalam menilai performa jaringan Wi-Fi di lingkungan Pendidikan.

Penelitian yang dilakukan [10] mengusulkan pemodelan dan analisis *Wireless Mesh Network* (WMN) menggunakan arsitektur *publish-subscribe* dengan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Fokus penelitian ini adalah mengukur parameter *Quality of Service* (QoS), yang mencakup *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dalam berbagai skenario. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas layanan sangat dipengaruhi oleh faktor jarak antar *node*, jumlah *hop*, serta hambatan fisik di lingkungan komunikasi. Salah satu temuan penting dari penelitian ini adalah bahwa adanya hambatan berupa tiga dinding beton pada jalur komunikasi dapat menyebabkan *packet loss* hingga 88,8% serta peningkatan *delay* mencapai 2,493 ms. Temuan ini menegaskan bahwa rancangan topologi dan penempatan *node* dalam jaringan *mesh* memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas jaringan.

Penelitian [11] mengkaji penerapan RT/RW Net menggunakan topologi *mesh wireless* dalam konteks pembelajaran administrasi jaringan pada siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan topologi *mesh* mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep administrasi jaringan sekaligus memperlihatkan keunggulan teknis *mesh* dibandingkan dengan topologi konvensional. Dalam implementasinya, topologi *mesh* memudahkan proses distribusi jaringan, memperluas jangkauan, serta mengurangi risiko terjadinya *single point of failure*, sehingga layanan jaringan tetap dapat diakses walaupun salah satu *node* mengalami gangguan. Meskipun penelitian tersebut dilaksanakan pada lingkup RT/RW Net untuk tujuan pendidikan, temuan yang diperoleh sangat relevan untuk pengembangan jaringan di lingkungan kampus. Hal ini karena kondisi kampus dengan segmentasi ruang antar gedung memiliki tantangan serupa dengan jaringan RT/RW Net, yaitu bagaimana mendistribusikan koneksi secara merata dan stabil pada area yang luas. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan inspirasi bahwa penerapan *Mesh Wi-Fi* pada jaringan kampus dapat meningkatkan kualitas layanan sekaligus efisiensi pengelolaan jaringan.

Penelitian [12] memberikan bukti empiris bahwa protokol OLSR tetap mampu menjaga kualitas layanan (QoS) dengan baik meskipun digunakan dalam skenario *streaming* video yang menuntut *bandwidth* dan kecepatan transmisi tinggi. Mereka mencatat performa yang sangat baik *throughput* mencapai 928 kbps, *delay* hanya sekitar 12,6 ms, *jitter* mendekati nol, dan *packet loss* sangat kecil, hal ini menunjukkan bahwa OLSR masih mampu menghadapi beban trafik berat dalam jaringan *mesh* secara stabil.

Penelitian [13] turut memberikan kontribusi dalam kajian ini dengan meneliti penerapan *Mesh Wi-Fi* di lingkungan pendidikan di daerah terpencil. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi *mesh* mampu meningkatkan kualitas jaringan secara signifikan, terutama dalam hal jangkauan

dan kestabilan koneksi internet. Namun, penelitian tersebut belum membandingkan secara langsung performa *Mesh Wi-Fi* dengan jaringan Wi-Fi konvensional di lingkungan kampus, sehingga masih terdapat celah penelitian yang perlu dijawab.

Penelitian [14] membandingkan kinerja *Mesh Wi-Fi* dengan *access point* konvensional pada skala rumah tangga (*home solution*). Hasilnya menunjukkan bahwa *Mesh Wi-Fi* memiliki performa yang lebih stabil dibandingkan jaringan konvensional pada parameter *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Temuan ini penting untuk memperkuat bukti empiris bahwa *Mesh Wi-Fi* lebih unggul dalam hal kualitas layanan jaringan. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada konteks lingkungan rumah tangga dengan skala pengguna dan luas area yang relatif kecil. Kondisi ini tentu berbeda dengan kebutuhan jaringan di lingkungan kampus yang memiliki banyak gedung, ruangan bertingkat, serta jumlah pengguna yang jauh lebih besar. Selain itu, pada lingkungan kampus sering terjadi mobilitas pengguna antar gedung dan antar lantai, sehingga permasalahan *handover delay* dan distribusi beban jaringan menjadi lebih kompleks.

Dengan demikian, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan mengkaji perbandingan kinerja *Mesh Wi-Fi* dan Wi-Fi konvensional di lingkungan kampus, khususnya pada Universitas La Tansa Mashiro di Kabupaten Lebak, Banten. Fokus penelitian ini adalah mengevaluasi kualitas layanan jaringan (QoS) pada skenario multi-gedung dan multi-lantai, yang sebelumnya belum banyak dibahas dalam penelitian terkait *Mesh Wi-Fi* di Indonesia. Dari berbagai penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa *Mesh Wi-Fi* memiliki keunggulan signifikan dibandingkan Wi-Fi konvensional dalam hal cakupan area, kestabilan koneksi, serta fleksibilitas dalam pengelolaan jaringan. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian lebih banyak difokuskan pada lingkungan perumahan, perkantoran, atau daerah terpencil. Penelitian komparatif yang dilakukan langsung di lingkungan kampus, khususnya di Kabupaten Lebak, masih jarang ditemukan. Hal inilah yang menjadi dasar penting dilakukannya penelitian ini.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis komparatif *Mesh Wi-Fi* dan Wi-Fi konvensional di salah satu kampus di Kabupaten Lebak, Banten. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis dan membandingkan performa kedua jenis jaringan berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS), yang meliputi *throughput*, *latency*, *jitter*, dan *packet loss*, serta mengevaluasi tingkat kepuasan pengguna. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi model infrastruktur jaringan yang lebih optimal bagi perguruan tinggi di daerah, sekaligus mendukung pengembangan ekosistem *Smart Campus*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen komparatif untuk membandingkan kinerja *Mesh* Wi-Fi dan Wi-Fi konvensional di lingkungan Universitas La Tansa Mashiro, Kabupaten Lebak, Banten. Dua sistem jaringan dipasang dengan kondisi serupa, meliputi lokasi, jumlah pengguna, dan kebutuhan *bandwidth*. Pengujian dilakukan berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS), meliputi *bandwidth*, *latency*, *jitter*, dan *packet loss*.

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif dengan membandingkan kinerja jaringan *Mesh* Wi-Fi dan Wi-Fi konvensional di lingkungan kampus. Parameter yang dianalisis meliputi *bandwidth* (*throughput*), *latency*, *jitter*, dan *packet loss*. Pengambilan data dilakukan secara langsung melalui pengukuran lapangan pada tiga titik lokasi berbeda, serta diperkuat dengan survei kepuasan pengguna menggunakan kuesioner berskala Likert.

Pemilihan parameter tersebut didasarkan pada standar pengukuran kualitas jaringan yang juga digunakan dalam penelitian [15], yang menekankan pentingnya reliabilitas dan *latency* rendah dalam implementasi *Mesh* Wi-Fi, khususnya untuk mendukung aplikasi *real-time*. Hal ini menjadi dasar bahwa pengujian kinerja jaringan tidak hanya berfokus pada kecepatan unduh atau unggah, tetapi juga kestabilan layanan yang dirasakan pengguna. Dengan mengacu pada pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas penggunaan *Mesh* Wi-Fi dibandingkan jaringan konvensional, baik dari sisi teknis maupun pengalaman pengguna akhir.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tiga gedung utama kampus:

- Gedung Utama sebagai pusat koneksi internet.
- Gedung C berjarak ± 80 meter dari sumber internet.
- Gedung E berjarak ± 150 meter dari sumber internet, dengan hambatan fisik berupa beberapa bangunan.

Pemilihan lokasi ini mencerminkan tantangan nyata distribusi jaringan pada area kampus dengan jarak bervariasi dan hambatan fisik antar-gedung.

Jaringan diuji pada tiga gedung utama, yaitu Gedung Utama, Gedung C, dan Gedung E, dengan jarak antar gedung sekitar 100 meter. Pada setiap gedung ditempatkan *Access Point* (AP) yang berbeda sesuai dengan skenario pengujian: Wi-Fi konvensional dan *Mesh* Wi-Fi. Dalam skema Wi-Fi konvensional, setiap ruangan atau lantai menggunakan AP terpisah tanpa adanya keterhubungan langsung antar AP. Hal ini berpotensi menimbulkan *handover delay* saat pengguna berpindah lokasi. Sementara itu, dalam skema *Mesh* Wi-Fi, setiap AP dihubungkan dalam bentuk *mesh topology*, di mana AP dapat saling

berkomunikasi dan meneruskan koneksi (*multi-hop*). Topologi ini diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan jaringan, jangkauan sinyal, serta mengurangi kemungkinan titik tunggal kegagalan (*single point of failure*).

Penerapan topologi jaringan ini sejalan dengan kajian [16] yang menekankan pentingnya kemudahan akses dan kemanfaatan jaringan Wi-Fi dari perspektif pengguna. Walaupun penelitian tersebut lebih berfokus pada persepsi pengguna di Kota Semarang, relevansi temuan tersebut menunjukkan bahwa desain topologi yang tepat akan berpengaruh langsung terhadap kepuasan dan persepsi positif pengguna terhadap layanan jaringan. Dengan demikian, rancangan topologi *Mesh* Wi-Fi dalam penelitian ini diharapkan mampu mendukung kualitas layanan yang lebih baik dibandingkan topologi konvensional.

2.3 Perangkat Penelitian

Perangkat keras dan lunak yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tabel Perangkat Keras dan Lunak

Kategori	Mesh Wi-Fi	Wi-Fi Konvensional
Router Utama	Ruijie EW1200G-PRO	TP-Link Archer C6
Node Tambahan	2 unit Ruijie EW1200G	2 unit TP-Link RE450
Backbone	Radio PowerBeam AC	Kabel UTP + Range Extender
Monitoring & Logging	Cloud Ruijie Controller, The Dude Mikrotik	The Dude Mikrotik
Pengukuran QoS	Speedtest.net, Fast.com, PingPlotter	Speedtest.net, Fast.com, PingPlotter

2.4 Parameter Pengujian

Parameter *Quality of Service* (QoS) yang diukur dalam penelitian ini mengacu pada standar ITU-T G.114 dan TIPHON, mencakup *bandwidth* (*throughput*) sebagai kecepatan unduh/unggah dalam Mbps, *latency* sebagai waktu tunda antar *node* dalam milidetik (ms), *jitter* sebagai variasi *delay* antar paket (ms), serta *packet loss* sebagai persentase paket data yang hilang (%).

2.5 Prosedur Penelitian

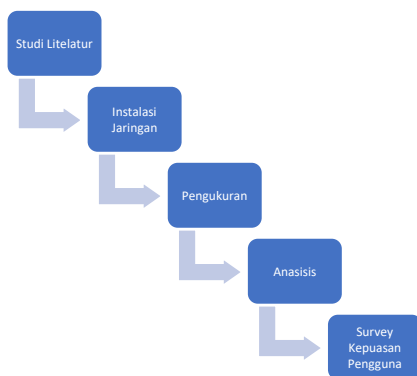
Tahapan penelitian dimulai dengan instalasi jaringan. Pada skenario pertama, *Mesh* Wi-Fi dipasang dengan *node* di setiap gedung yang dihubungkan dalam topologi *mesh*, sedangkan pada skenario kedua, *Conventional* Wi-Fi dipasang dengan satu *access point* utama dan *extender* di gedung lain. Selanjutnya dilakukan pengukuran *Quality of Service* (QoS) selama tujuh hari. Data dikumpulkan pada jam sibuk (09.00–12.00) dan jam sepi (20.00–22.00),

dengan setiap parameter diukur tiga kali pada tiap titik lokasi.

Setelah pengumpulan data, dilakukan analisis statistik menggunakan *paired t-test* untuk melihat signifikansi perbedaan performa antara *Mesh Wi-Fi* dan *Conventional Wi-Fi*. Selain itu, dilakukan survei kepuasan pengguna terhadap jaringan, dengan 30 responden (mahasiswa dan dosen) mengisi kuesioner skala Likert 1–5 yang mencakup aspek stabilitas, kecepatan, dan kemudahan koneksi.

2.6 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, meliputi studi literatur, instalasi, pengukuran, analisis, dan survei kepuasan pengguna, kesimpulan.



Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Prosedur Pengujian

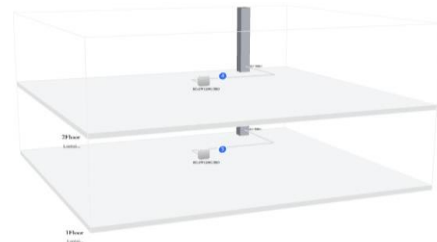
Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkesinambungan. Pada tahap instalasi, skenario pertama berupa pemasangan *Mesh Wi-Fi* dengan *node* di setiap gedung utama yang mengadaptasi konsep penempatan *node* dan sinkronisasi perangkat sebagaimana dilakukan dalam penelitian [13], namun disesuaikan dengan topologi jaringan kampus. Topologi jaringan *Mesh Wi-Fi* ditunjukkan oleh Gambar 2 sedangkan skenario instalasi sekaligus denah gedung ditunjukkan oleh Gambar 3 dan Gambar 4. Skenario kedua menggunakan *Wi-Fi konvensional* dengan satu *access point* utama dan *extender* yang ditempatkan di gedung lain.



Gambar 2. Topologi Jaringan Mesh Wi-Fi



Gambar 3. Instalasi Router Mesh Wi-Fi di dua lantai Gedung



Gambar 4. Gambar Denah Gedung Dua Lantai

Selanjutnya, tahap pengukuran dilakukan selama tujuh hari dengan membedakan kondisi jam sibuk (09.00–12.00) dan jam sepi (20.00–22.00). Setiap parameter diuji sebanyak tiga kali di setiap titik lokasi. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis secara statistik menggunakan *paired t-test* yang ditunjukkan oleh Tabel 2, untuk mengetahui signifikansi perbedaan kinerja kedua sistem.

Untuk melengkapi data teknis, dilakukan pula survei kepuasan pengguna yang melibatkan 30 responden dari kalangan mahasiswa dan dosen. Mereka diminta mengisi kuesioner dengan skala Likert 1–5 yang mencakup aspek stabilitas, kecepatan, dan kemudahan koneksi.

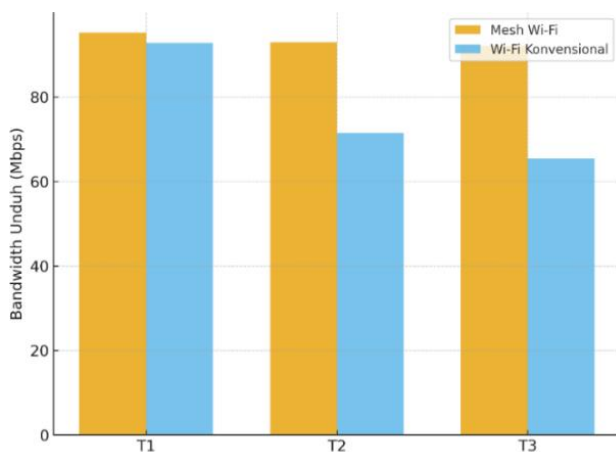
Hasil penelitian diperoleh dari pengukuran yang dilakukan di tiga titik lokasi, yaitu Gedung Utama (T1), Gedung C (T2), dan Gedung E (T3), selama tujuh hari. Nilai yang dianalisis merupakan rata-rata dari tiga kali pengukuran pada jam sibuk dan jam sepi.

Tabel 2. Perbandingan Mesh Wi-Fi dan Wi-Fi Konvensional

Parameter	Lokasi	Mesh Wi-Fi	Wi-Fi konvensional
Bandwidth Unduh (Mbps)	T1	95.2	92.8
	T2	93	71.5
	T3	92.1	65.4
Bandwidth Unggah (Mbps)	T1	93.8	90.6
	T2	91.5	62.2
	T3	90.1	58.3
Latency (ms)	T1	11.2	15.6
	T2	12.8	26.7

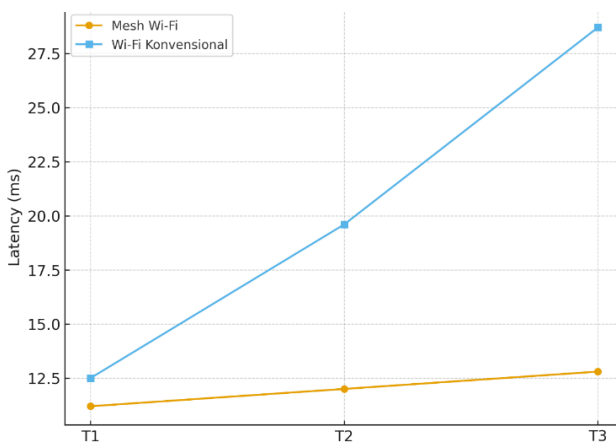
Parameter	Lokasi	Mesh Wi-Fi	Wi-Fi konvensional
Jitter (ms)	T3	13.5	28.9
	T1	3.5	5.8
	T2	4.2	10.4
	T3	4.8	12.1
	T1	0.5	1
Packet Loss (%)	T2	0.7	2.8
	T3	0.9	3.5

3.2 Analisis Visual



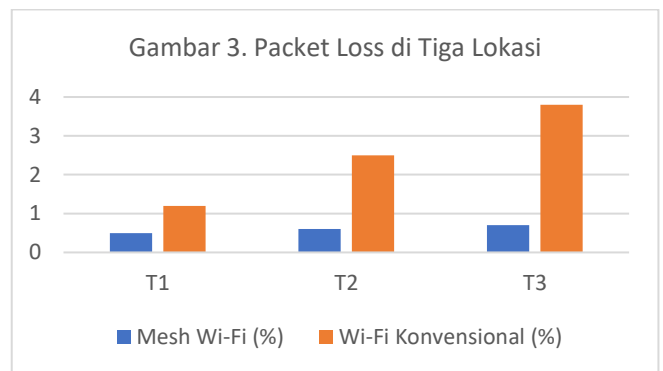
Gambar 5. Bandwidth Unduh di Tiga Lokasi

Grafik batang pada Gambar 5 menunjukkan *Mesh Wi-Fi* konsisten di atas 90 Mbps, sementara *Wi-Fi konvensional* menurun signifikan di T2 dan T3.



Gambar 6. Latency di Tiga Lokasi

Grafik garis pada Gambar 6 menunjukkan *latency Mesh Wi-Fi* stabil di kisaran 11–13 ms, sedangkan *Wi-Fi konvensional* meningkat di titik terjauh.



Gambar 7. Packet Loss di Tiga Lokasi

Grafik batang pada Gambar 7 memperlihatkan *Mesh Wi-Fi* <1% di semua lokasi, sementara *Wi-Fi konvensional* >3% di T3.

Selanjutnya, survei kepuasan terhadap 30 responden dilampirkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Survei Kepuasan Pengguna

Aspek Penilaian	Mesh Wi-Fi	Wi-Fi Konvensional
Stabilitas koneksi	4.8	3.6
Kecepatan internet	4.7	3.5
Kemudahan koneksi	4.9	3.8
Kualitas saat <i>roaming</i>	4.8	3.2

Skala Likert 1 menunjukkan sangat buruk dan 5 menunjukkan sangat baik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa *Mesh Wi-Fi* memberikan kinerja yang lebih konsisten dibandingkan *Wi-Fi konvensional* pada semua parameter QoS, khususnya di titik-titik yang jauh dari sumber internet.

Pada pengujian *bandwidth*, *Mesh Wi-Fi* mampu mempertahankan kecepatan unduh di atas 90 Mbps di semua lokasi (T1, T2, dan T3). Sebaliknya, *Wi-Fi konvensional* mengalami penurunan signifikan di T2 (71,5 Mbps) dan T3 (65,4 Mbps). Fenomena ini sesuai dengan penelitian [17] bahwa *range extender* pada *Wi-Fi konvensional* menyebabkan penurunan *throughput* di titik terjauh akibat penyaluran ulang sinyal yang bersifat *half-duplex*.

Mesh Wi-Fi mencatat *latency* stabil di kisaran 11–13 ms, sedangkan *Wi-Fi konvensional* meningkat hingga 28,9 ms di T3. *Latency* yang rendah penting untuk aplikasi *real-time* seperti konferensi video, sistem *e-learning* interaktif, dan VoIP. Stabilitas ini didukung oleh kemampuan *Mesh Wi-Fi* dalam memilih jalur terpendek dan optimal antar *node* [15].

Jitter pada *Mesh Wi-Fi* tetap rendah (<5 ms) di seluruh lokasi, sedangkan *Wi-Fi konvensional* mencatat *jitter* dua kali lipat di T3. Nilai *jitter* yang tinggi dapat menyebabkan

gangguan pada layanan *streaming* video atau panggilan daring, yang umum digunakan di lingkungan kampus.

Packet loss Mesh Wi-Fi di bawah 1% menunjukkan keandalan transmisi data yang tinggi. Sebaliknya, Wi-Fi konvensional memiliki *packet loss* hingga 3,5% di T3, yang berpotensi mengganggu transfer file besar atau koneksi VPN kampus. Survei pengguna memperlihatkan preferensi yang jelas terhadap Mesh Wi-Fi pada semua aspek, terutama kemudahan *roaming* (4,8 vs 3,2). Hal ini karena Mesh Wi-Fi memungkinkan perangkat berpindah antar *node* tanpa kehilangan koneksi atau harus melakukan autentikasi ulang, berbeda dengan Wi-Fi konvensional yang sering mengalami *disconnect* saat perpindahan titik akses.

Hasil ini menunjukkan bahwa Mesh Wi-Fi adalah solusi yang lebih efektif untuk kampus dengan area luas dan banyak bangunan terpisah, mobilitas tinggi pengguna (mahasiswa, dosen, staf), kebutuhan koneksi stabil untuk layanan akademik berbasis daring.

Meski demikian, penerapan Mesh Wi-Fi memerlukan investasi awal yang lebih tinggi dibanding Wi-Fi konvensional. Namun, biaya ini sebanding dengan peningkatan kualitas layanan dan produktivitas yang dihasilkan.

Temuan penelitian ini memperkuat hasil studi sebelumnya mengenai keunggulan Mesh Wi-Fi, namun dalam konteks yang berbeda, yaitu lingkungan kampus daerah dengan tantangan distribusi jaringan antar gedung dan mobilitas pengguna yang tinggi. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya dilakukan pada skala rumah tangga atau simulasi, penelitian ini menunjukkan implementasi nyata (*real deployment*) Mesh Wi-Fi pada kampus dengan kondisi lapangan sesungguhnya. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi praktis sebagai referensi desain infrastruktur jaringan bagi pengembangan *smart campus*, khususnya pada perguruan tinggi di daerah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan konvensional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Mesh Wi-Fi memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan Wi-Fi konvensional. Secara teknis, Mesh Wi-Fi menunjukkan *bandwidth* unduh/unggah konsisten, *latency* stabil, *jitter* rendah, dan *packet loss* minimal, sedangkan Wi-Fi konvensional mengalami penurunan kualitas pada jarak jauh dan di area dengan hambatan fisik.

Dari sisi praktis, penggunaan Mesh Wi-Fi meningkatkan kepuasan pengguna, terutama terkait stabilitas koneksi, kecepatan, dan kemudahan *roaming*, sehingga direkomendasikan sebagai solusi infrastruktur jaringan untuk kampus dengan cakupan area luas dan mobilitas pengguna tinggi.

Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan analisis aspek keamanan jaringan untuk mendukung desain *smart*

campus yang lebih aman dan optimal, serta memperluas implementasi Mesh Wi-Fi di perguruan tinggi atau lingkungan pendidikan digital serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Rachmana and T. Juhana, "Pembangunan Wireless Mesh Node pada Soekris net4801," *Seminar Nasional Informatika*, vol. 1, pp. 372–378, May 2008, Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/semnasif/article/view/742>
- [2] A. I. Wicaksono, R. Sahtyawan, and A. Priyanto, "Komparasi Analisa Kinerja Mesh Interface Dan Bridge Interface Pada Wireless WDS Mesh Network," *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*, vol. 5, no. 1, pp. 36–41, May 2020, doi: 10.14421/jiska.2020.51-05.
- [3] D. Sajjadi, R. Ruby, M. Tanha, and J. Pan, "Fine-Grained Traffic Engineering on SDN-Aware Wi-Fi Mesh Networks," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 67, no. 8, 2018, doi: 10.1109/TVT.2018.2832010.
- [4] A. R. Sholikhin, T. T. Warisaji, and T. A. Cahyanto, "Penerapan Wireless Distribution System (WDS) Mesh Untuk Optimasi Cakupan Area Wi-Fi di UM Jember," *BIOS : Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 61–69, Sep. 2020, doi: 10.37148/bios.v1i2.14.
- [5] H. Nurmawan, B. Soedijono, and E. Pramono, "Perancangan Perbandingan Jumlah Hop Pada Wireless Mesh Network," *Jurnal Informa : Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 4, pp. 67–72, 2019, doi: 10.46808/informa.v5i4.158.
- [6] M. A. Adhi'im and A. S. Fitriani, "Design And Build Mesh Topology At Muhammadiyah University," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, Sep. 2021, doi: 10.21070/pels.v1i2.1128.
- [7] F. Rofii, F. Hunaini, and S. Sholawati, "Kinerja Jaringan Komunikasi Nirkabel Berbasis Xbee pada Topologi Bus, Star dan Mesh," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 3, pp. 393–404, Sep. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.393.
- [8] F. Mapa, S. Djanali, and A. M. Shiddiqi, "Optimasi Olsr Routing Protocol pada Jaringan Wireless Mesh dengan Adaptive Refreshing Time Interval dan Enhance Multi Point Relay Selecting Algorithm," *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 12, pp. 44–49, Jan. 2014, doi: 10.12962/j24068535.v12i1.a46.

- [9] N. A. K. Rianto, H. Salsabila, and J. Jumanto, "Analysis of quality of service (QoS) Wi-Fi Network in UNNES digital center building using wireshark," *Journal of Student Research Exploration*, vol. 1, no. 1, pp. 21–32, Dec. 2022, doi: 10.52465/josre.v1i1.108.
- [10] K. Amron, E. S. Pramukantoro, and M. Data, "Pemodelan dan Analisis Wireless Mesh Network dengan Arsitektur Publish-Subscribe dan Protokol MQTT," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 88–93, Jun. 2016, doi: 10.25126/jtiik.201632184.
- [11] B. D. D. Arianti, J. Jamaluddin, and H. Kuswanto, "Analisis penerapan RT-RW Net menggunakan Topologi Mesh-Wireless untuk meningkatkan pemahaman Administrasi Sistem Jaringan Siswa," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 236–245, Jan. 2024, doi: 10.29408/jit.v7i1.24809.
- [12] S. M. Ulfa, R. Primananda, and P. H. Trisnawan, "Pengaruh Data Video Streaming pada Kinerja Protokol Optimized Link State Routing (OLSR) menggunakan Teknologi Wireless Mesh Network," *Pengembangan Teknologi Informasi dan ilmu komputer*, vol. 3, no. 7, 2019.
- [13] C. F. Wilantika, "Penerapan Mesh Wi-Fi System untuk Akses Internet di Desa Terpencil Kabupaten Lebak," *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 13, no. 3, pp. 1753–1763, Dec. 2024, doi: 10.35889/jutisi.v13i3.2282.
- [14] A. A. Akbar and A. Prapanca, "Perbandingan Kinerja Wifi Mesh Dan Access Point Sebagai Home Solution Menggunakan Metode Quality Of Service (QoS)," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 05, pp. 432–439, Jan. 2024, Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jinacs/article/view/58625>
- [15] B. Gokalgandhi, M. Tavares, D. Samardzija, I. Seskar, and H. Gacanin, "Reliable Low-Latency Wi-Fi Mesh Networks," *IEEE Internet Things J*, vol. 9, no. 6, pp. 4533–4553, Mar. 2022, doi: 10.1109/JIOT.2021.3105981.
- [16] M. F. Salim, A. Kurniadi, E. Widianawati, and E. J. Kusuma, "Implementasi Aplikasi Wifi TB Berdasarkan Persepsi Kemudahan dan Kemanfaatan di Kota Semarang," *Jurnal Kesehatan Vokasional*, vol. 5, no. 2, pp. 102–109, May 2020, doi: 10.22146/jkesvo.50483.
- [17] Y. K. Ningsih and N. Kurniawati, "Rancang Bangun Jaringan Wi-Fi Untuk Komunikasi Daring Di Desa Tenjolaya," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 6, no. 2, pp. 150–155, Sep. 2020, doi: 10.31884/jtt.v6i2.281.



PERSEPSI PENGGUNAAN CHATGPT SEBAGAI ALAT BANTU BELAJAR MATA KULIAH PEMROGRAMAN DI INSTITUT WIDYA PRATAMA

Lisatri Makna¹, Victorianus Aries Siswanto², Ichwan Kurniawan³

^{1,2} Sistem Informasi, Institut Widya Pratama

³ Komputerisasi Akutansi, Institut Widya Pratama

Pekalongan, Jawa Tengah, Indonesia, 51146

lisatrimakna4@gmail.com, fixvictor@gmail.com, ichwan.ana10@gmail.com

Abstract

The development of artificial intelligence technology, particularly ChatGPT, has created new opportunities to support programming learning in higher education. However, studies examining students' perceptions of ChatGPT as a support tool in programming courses remain limited, especially regarding ease of use, usefulness in completing assignments, dependency levels, and learning effectiveness. This condition indicates the need for a focused study to understand the role of ChatGPT in student learning contexts. Therefore, this study aims to analyze students' perceptions of ChatGPT in programming learning at Institut Widya Pratama Pekalongan. This study employed a quantitative survey approach. Data were collected through questionnaires distributed to 91 students selected through purposive sampling and analyzed using validity and reliability tests and descriptive statistics. The results show that ChatGPT's ease of use received an average score of 81.31%, indicating strong agreement. The usefulness of ChatGPT in assisting with programming assignments reached 78.63%, categorized as agree. Student dependency on ChatGPT was 54.79%, categorized as neutral. Meanwhile, the effectiveness of ChatGPT usage reached 77.30%, categorized as agree. Overall, these results indicate that ChatGPT has potential as an effective support tool when used wisely.

Keywords: ChatGPT, Educational Technology, Learning Aid, Programming Learning, Student Perception

Abstrak

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya ChatGPT, telah menghadirkan peluang baru dalam mendukung proses pembelajaran pemrograman di perguruan tinggi. Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji persepsi mahasiswa terhadap penggunaan ChatGPT sebagai alat bantu belajar pemrograman masih relatif terbatas, terutama yang meninjau aspek kemudahan penggunaan, manfaat dalam penyelesaian tugas, tingkat ketergantungan, serta keberhasilan penggunaannya. Keterbatasan tersebut menunjukkan perlunya kajian yang lebih terfokus untuk memahami peran ChatGPT dalam konteks pembelajaran mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi mahasiswa terhadap penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman di Institut Widya Pratama Pekalongan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarakan kepada 91 mahasiswa yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji validitas, uji reliabilitas, serta analisis statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemudahan penggunaan ChatGPT memperoleh nilai rata-rata sebesar 81,31% (sangat setuju). Manfaat ChatGPT dalam membantu penyelesaian tugas kuliah mencapai 78,63% (setuju). Tingkat ketergantungan mahasiswa terhadap ChatGPT berada pada persentase 54,79% (netral). Sementara itu, tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT mencapai 77,30% (setuju). Berdasarkan hasil tersebut, ChatGPT berpotensi menjadi alat bantu pembelajaran pemrograman yang efektif apabila digunakan secara bijak tanpa mengurangi kemandirian belajar mahasiswa.

Kata kunci: Alat Bantu Belajar, ChatGPT, Pembelajaran Pemrograman, Persepsi Mahasiswa, Teknologi Pendidikan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat dalam dua dekade terakhir telah memberikan dampak besar terhadap

berbagai aspek kehidupan, termasuk bidang pendidikan. Salah satu inovasi yang paling menonjol adalah kehadiran kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam proses

pembelajaran. AI merupakan cabang ilmu komputer yang berfokus pada kemampuan dalam melaksanakan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia, seperti belajar, memahami bahasa, mengenali pola, dan mengambil keputusan [1]. Pemanfaatan AI dalam dunia pendidikan telah berkembang sejak era sistem pembelajaran berbantuan komputer hingga munculnya asisten virtual berbasis bahasa alami seperti ChatGPT [2].

ChatGPT sendiri merupakan model bahasa generatif berbasis *Large Language Model* (LLM) yang dikembangkan oleh OpenAI, dengan kemampuan memahami dan menghasilkan teks secara kontekstual [3]. Dalam konteks pendidikan, ChatGPT berperan sebagai alat bantu pembelajaran digital yang memungkinkan mahasiswa berinteraksi secara langsung untuk memahami konsep, mencari referensi, dan menyelesaikan tugas akademik [4]. Pada mata kuliah pemrograman, ChatGPT mampu memberikan contoh kode, menjelaskan logika algoritma, serta membantu proses *debugging*, sehingga dinilai dapat mempermudah mahasiswa dalam mempelajari materi yang bersifat teknis dan kompleks.

Mata kuliah pemrograman merupakan salah satu komponen inti dalam pendidikan teknologi informasi yang menuntut kemampuan berpikir logis dan sistematis. Pembelajaran pemrograman tidak hanya mengajarkan kemampuan menulis kode, tetapi juga membentuk *computational thinking* yaitu kemampuan berpikir algoritmik dan memecahkan masalah kompleks secara terstruktur [5]. Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa perguruan tinggi masih mengalami kesulitan dalam mempelajari pemrograman. Penelitian oleh Putra dan Widodo mengungkapkan bahwa kesulitan belajar pemrograman pada mahasiswa dipengaruhi oleh perbedaan kemampuan awal, lemahnya pemahaman logika algoritma, serta kurangnya latihan kontekstual [6]. Temuan ini diperkuat oleh Rahmawati dkk. yang menyatakan bahwa mahasiswa sering mengalami hambatan dalam memahami struktur *sintaks* dan penerapan konsep pemrograman dasar, sehingga membutuhkan alat bantu belajar yang adaptif dan mudah diakses secara mandiri [20]. Oleh karena itu, diperlukan media pendukung pembelajaran yang mampu memberikan penjelasan secara kontekstual dan interaktif bagi mahasiswa, salah satunya melalui pemanfaatan ChatGPT sebagai asisten belajar digital.

Selain dari sisi teknis, keberhasilan penerapan teknologi seperti ChatGPT dalam pembelajaran sangat bergantung pada persepsi mahasiswa terhadapnya. Persepsi merupakan proses mental dalam menerima, menafsirkan, dan memahami suatu rangsangan atau informasi [7]. Persepsi mahasiswa terhadap teknologi pendidikan akan memengaruhi sikap dan tingkat penerimaan terhadap penggunaannya [8]. Jika mahasiswa memiliki persepsi positif terhadap kemudahan, keandalan, dan manfaat ChatGPT, maka mereka akan lebih termotivasi untuk menggunakannya dalam kegiatan [9]. Namun muncul

kekhawatiran terhadap potensi plagiarisme dan penurunan kemampuan berpikir kritis akibat ketergantungan pada AI [10].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan hasil yang beragam. Penelitian oleh Haryyas Nugraheni Kartika Sari menemukan bahwa sebagian besar mahasiswa memanfaatkan ChatGPT untuk memahami kode program dan melakukan *debugging*, dengan tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap akurasi jawaban. Dari 37 responden mahasiswa Ilmu Komputer Universitas Negeri Semarang, sebanyak 80% atau 24 responden menyatakan kode yang dihasilkan ChatGPT mudah dipahami [11]. Selanjutnya, penelitian oleh Nisa Dwi Septiyanti, Muhammad Irfan Luthfi, Monica Cinthya, dan Rifqi Abdillah menunjukkan bahwa integrasi ChatGPT sebagai asisten virtual dalam model *Project-Based Learning* (PjBL) mampu meningkatkan hasil belajar pemrograman web secara signifikan. Berdasarkan penelitian terhadap 71 mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi, terjadi peningkatan nilai pada seluruh aspek kemampuan pemrograman, terutama pada logika dan algoritma. Selain itu, hasil analisis *Technology Acceptance Model* (TAM) menunjukkan bahwa *self-efficacy* berpengaruh kuat terhadap persepsi kemudahan dan kegunaan *ChatGPT*, yang mendorong sikap positif serta niat mahasiswa untuk terus menggunakan *ChatGPT* dalam pembelajaran pemrograman [21].

Di sisi lain, penelitian oleh Noman Islam, Ghazala Shafi Sheikh, Ridah Fatima, dan Farrukh Alvi menemukan bahwa mahasiswa masih mengalami berbagai kesulitan dalam mempelajari pemrograman, terutama pada aspek penulisan algoritma, pemahaman *sintaks*, *debugging*, serta konsep *pointer* dan *file handling*. Dari 57 responden mahasiswa yang baru menyelesaikan mata kuliah pemrograman dasar, mayoritas menyatakan bahwa mereka paling mudah memahami materi saat melakukan latihan pemrograman secara langsung dan melalui video pembelajaran seperti YouTube. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa model *flipped classroom* dinilai paling sesuai untuk mengatasi kesulitan belajar pemrograman karena memberikan lebih banyak waktu praktik dan eksplorasi mandiri [22].

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Nufus yang menyimpulkan bahwa ChatGPT membantu mahasiswa dalam memahami materi kuliah yang sulit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sebanyak 72,63% dari 19 responden menyatakan ChatGPT mempermudah mereka dalam memahami materi perkuliahan, meskipun penggunaannya harus dibarengi dengan bimbingan agar tidak menimbulkan ketergantungan [12]. Selain itu, penelitian oleh Permata Sari dan Suhendi dalam pengembangan aplikasi web berbasis CodeIgniter untuk memudahkan pengelolaan data *talent* film menunjukkan bahwa mayoritas dari 50 responden menyatakan setuju dan sangat setuju terhadap aspek fungsionalitas dan kemudahan penggunaan sistem. Temuan ini menandakan bahwa teknologi digital yang dirancang dengan baik mampu

meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran maupun pengelolaan informasi [13].

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi berbasis kecerdasan buatan seperti ChatGPT memiliki potensi besar dalam mendukung pembelajaran pemrograman, baik dalam membantu mahasiswa memahami konsep yang sulit, meningkatkan efektivitas belajar, maupun mendukung aktivitas pembelajaran berbasis praktik seperti *Project-Based Learning* dan *flipped classroom*. Meskipun demikian, pemanfaatan ChatGPT tetap perlu disesuaikan dengan konteks pembelajaran dan didampingi oleh pendidik agar manfaat yang diperoleh optimal serta tidak menimbulkan ketergantungan berlebihan terhadap teknologi AI.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya belum secara spesifik mengkaji persepsi mahasiswa terhadap penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman berdasarkan indikator kemudahan penggunaan, manfaat dalam membantu penyelesaian tugas, potensi ketergantungan terhadap AI, serta tingkat keberhasilan penggunaannya dalam satu kerangka kajian yang komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengkaji persepsi mahasiswa Institut Widya Pratama Pekalongan terhadap penggunaan ChatGPT sebagai alat bantu pembelajaran pada mata kuliah pemrograman, dengan menitikberatkan pada empat indikator utama, yaitu kemudahan penggunaan, manfaat yang dirasakan, potensi ketergantungan, dan tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT. Penelitian ini dibatasi pada mahasiswa aktif Institut Widya Pratama Pekalongan pada tahun akademik berjalan dan hanya membahas pemanfaatan ChatGPT dalam konteks pembelajaran mandiri atau penyelesaian tugas akademik, tanpa mencakup penggunaan oleh dosen maupun sistem institusi serta tidak membahas AI dalam bentuk perangkat keras atau sistem pembelajaran otomatis lainnya.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana persepsi mahasiswa Institut Widya Pratama Pekalongan terhadap kemudahan penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman?
- b) Bagaimana persepsi mahasiswa Institut Widya Pratama Pekalongan terhadap manfaat ChatGPT dalam membantu penyelesaian tugas pada mata kuliah pemrograman?
- c) Bagaimana tingkat ketergantungan mahasiswa Institut Widya Pratama Pekalongan terhadap penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman?
- d) Bagaimana tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT sebagai alat bantu pembelajaran pada mata kuliah pemrograman di Institut Widya Pratama Pekalongan?

Dengan perumusan fokus dan batasan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai peran ChatGPT dalam mendukung pembelajaran pemrograman di perguruan tinggi serta memberikan kontribusi teoretis dan praktis dalam pengembangan pemanfaatan kecerdasan buatan di bidang pendidikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Teknik Pengumpulan Data

2.1.1 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilaksanakan dengan memanfaatkan instrumen kuesioner (angket). Kuesioner tersebut disusun dalam bentuk skala Likert 5 poin dan disebarakan secara daring maupun luring kepada responden terpilih. Pertanyaan dalam survei dibagi menjadi empat bagian. Bagian pertama mencakup informasi identitas responden yang meliputi nama (opsional), jenis kelamin, program studi dan semester. Bagian kedua memuat pertanyaan yang berkaitan dengan penggunaan ChatGPT dalam kegiatan akademik. Bagian ketiga memuat pertanyaan mengenai persepsi mahasiswa terhadap ChatGPT. Bagian keempat adalah pertanyaan terbuka. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari, yaitu pada rentang waktu 28 Juli – 4 Agustus 2025, melalui penyebaran kuesioner kepada mahasiswa Institut Widya Pratama Pekalongan secara daring dan luring.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode kuesioner yang disebarakan kepada mahasiswa untuk mengetahui persepsi mereka terhadap penggunaan ChatGPT sebagai alat bantu belajar pemrograman. Pendekatan ini dinilai efektif karena dapat mengumpulkan data kuantitatif dalam waktu singkat dan memungkinkan analisis statistik deskriptif terhadap hasil respons mahasiswa [14]. Selain itu, observasi digunakan untuk melihat sejauh mana ChatGPT dimanfaatkan dalam proses pembelajaran dan interaksi mahasiswa di lingkungan akademik [15]. Data tambahan diperoleh melalui wawancara terstruktur untuk memperkuat hasil kuesioner dengan penjelasan kontekstual mengenai pengalaman belajar peserta [16]. Penggunaan kombinasi teknik survei dan wawancara ini juga telah diterapkan secara serupa pada penelitian berbasis sistem informasi untuk meningkatkan keabsahan hasil dan menggambarkan persepsi pengguna secara menyeluruh.

2.1.2 Populasi dan Sampel

Penelitian ini menggunakan *probability sampling* dengan rumus Slovin untuk menentukan ukuran sampel yang representatif, dengan *margin of error* 10% (0,1). Dari total populasi sebanyak 956 mahasiswa aktif Institut Widya Pratama Pekalongan pada tahun akademik 2024/2025, diperoleh jumlah sampel minimal sebanyak 91 responden. Jumlah tersebut telah memenuhi ketentuan kecukupan sampel dalam penelitian kuantitatif deskriptif, di mana ukuran sampel antara 50 hingga 100 responden dinilai

memadai untuk analisis statistik dan pengujian instrumen penelitian [23].

Pemilihan *margin of error* sebesar 10% dilakukan dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu dan sumber daya penelitian, di mana penggunaan *margin error* yang lebih kecil akan menuntut jumlah sampel yang lebih besar. Pada tahap awal, penentuan ukuran sampel dilakukan dengan pendekatan *probability sampling*. Namun, dalam pelaksanaannya, teknik pengambilan sampel disesuaikan menjadi *purposive sampling*, yaitu pemilihan responden berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian, sehingga data yang diperoleh tetap representatif dan sesuai dengan konteks penelitian yang dikaji.

Dalam hal ini, *purposive sampling* digunakan untuk memilih 91 mahasiswa yang terlibat dalam mata kuliah terkait topik penelitian dan memiliki karakteristik yang sesuai. Perubahan ini dapat mempengaruhi generalisasi hasil, namun pemilihan sampel dilakukan dengan memperhatikan relevansi dan kapasitas responden dalam memberikan kontribusi yang bermakna terhadap tujuan penelitian. *Purposive sampling* efektif digunakan dalam penelitian kuantitatif apabila alasan pemilihan dan relevansi sampel dijustifikasi dengan jelas untuk memastikan data yang valid dan relevan meskipun teknik ini tidak memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota populasi untuk terpilih [19].

2.1.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Institut Widya Pratama Pekalongan, yang beralamat di Jl. Patriot No.25, Dukuh, Kec. Pekalongan Utara, Kota Pekalongan, Jawa Tengah. Lokasi ini dipilih karena merupakan tempat peneliti menempuh studi dan memberikan kemudahan dalam memperoleh data dari responden yang sesuai.

2.2 Teknik Analisis Data

2.2.1 Uji Validitas

Di antara berbagai teknik yang umum digunakan dalam pengujian validitas instrumen penelitian adalah analisis korelasi *Pearson Product Moment*. Teknik ini dilakukan dengan menghitung nilai korelasi antara skor setiap butir pernyataan dengan skor total variabel. Penggunaan korelasi *Pearson Product Moment* dinilai tepat karena mampu menunjukkan tingkat keeratan hubungan antara item dan konstruk yang diukur secara statistik [17]. Apabila nilai koefisien korelasi (*rhitung*) yang diperoleh lebih besar daripada nilai *r* tabel pada tingkat signifikansi tertentu, maka butir pernyataan dinyatakan valid.

Validitas yang tinggi menunjukkan bahwa instrumen penelitian mampu mengukur konstruk secara akurat dan sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian validitas bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir pernyataan benar-benar merepresentasikan aspek yang diteliti, sehingga data yang dihasilkan dapat dipercaya. Prinsip ini sejalan

dengan tahapan evaluasi dalam penelitian pengembangan sistem, di mana kesesuaian antara hasil implementasi dan tujuan perancangan diuji sebagai bentuk pengendalian kualitas instrumen pengukuran [15].

Melalui analisis korelasi *Pearson Product Moment*, peneliti dapat menilai kekuatan hubungan antara item pernyataan dan konstruk penelitian secara kuantitatif. Korelasi yang tinggi antara skor item dan skor total menjadi indikator bahwa instrumen memiliki validitas yang baik dan layak digunakan dalam proses pengukuran [17].

2.2.2 Uji Reliabilitas

Reliabilitas merupakan tahap pengujian yang bertujuan untuk memastikan bahwa instrumen penelitian mampu menghasilkan data yang konsisten dan stabil apabila digunakan secara berulang pada kondisi yang relatif sama. Instrumen yang reliabel menunjukkan tingkat keterandalan yang baik sehingga data yang dihasilkan dapat dipercaya [18].

Dalam penelitian ini, pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha*, yang berfungsi untuk menilai tingkat konsistensi internal antar butir pernyataan dalam satu instrumen penelitian. Suatu instrumen dinyatakan reliabel apabila memiliki nilai *Cronbach's Alpha* $\geq 0,60$, yang menunjukkan bahwa instrumen tersebut memiliki tingkat konsistensi yang dapat diterima [18].

Prinsip konsistensi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya pada pengembangan sistem berbasis GSuite, di mana pengujian dilakukan secara berulang melalui metode *User Acceptance Test (UAT)* dan *Black-Box Testing* untuk memastikan bahwa sistem berfungsi secara konsisten dan andal [14]. Pendekatan tersebut mencerminkan konsep reliabilitas yang menekankan stabilitas hasil pengujian terhadap instrumen atau sistem yang diuji. Oleh karena itu, metode *Cronbach's Alpha* dinilai tepat digunakan untuk instrumen penelitian yang memuat sejumlah item pernyataan, seperti kuesioner atau angket, karena mampu menunjukkan keseragaman jawaban responden terhadap konstruk yang diukur [18].

2.2.3 Analisis Statistik Deskriptif

Data yang telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas kemudian dianalisis dengan metode statistik deskriptif guna menggambarkan kecenderungan umum dari jawaban responden. Hasil analisis tersebut disampaikan ke bentuk tabel yang memuat distribusi frekuensi, persentase, serta nilai rata-rata untuk setiap indikator penelitian. Analisis statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan data penelitian secara ringkas, seperti nilai rata-rata, persentase, dan distribusi frekuensi. Analisis ini membantu peneliti memahami kecenderungan umum responden terhadap setiap indikator penelitian.

Menurut penelitian [16] mengenai Klasifikasi Penyakit Daun Pisang menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN), analisis deskriptif digunakan untuk menampilkan sebaran data citra serta akurasi, presisi, dan *recall model*, yang berfungsi untuk menggambarkan karakteristik data sebelum dilakukan pengujian lanjutan. Dengan demikian, analisis statistik deskriptif tidak hanya menggambarkan data secara numerik, tetapi juga berfungsi sebagai dasar untuk memahami kecenderungan pola dan performa data yang diperoleh [16].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

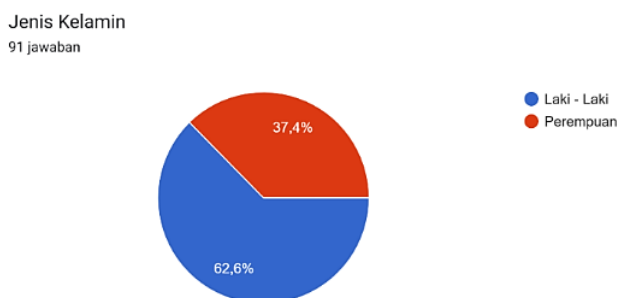
3.1.1 Deskripsi Data

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada mahasiswa Institut Widya Pratama Pekalongan yang menjadi responden penelitian. Jumlah responden yang berpartisipasi sebanyak 91 mahasiswa. Jenis data yang dimanfaatkan pada penelitian ini ialah data primer, yakni data yang didapat secara langsung dari responden melalui instrumen penelitian berupa kuesioner. Kuesioner disusun berdasarkan indikator variabel penelitian, yaitu kemudahan penggunaan ChatGPT, manfaat ChatGPT dalam menyelesaikan tugas mata kuliah pemrograman, tingkat ketergantungan mahasiswa terhadap AI (ChatGPT) dan tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT.

a) Analisis Karakteristik Responden

Berikut merupakan hasil dari kuesioner yang telah dibagikan pada bagian informasi demografis:

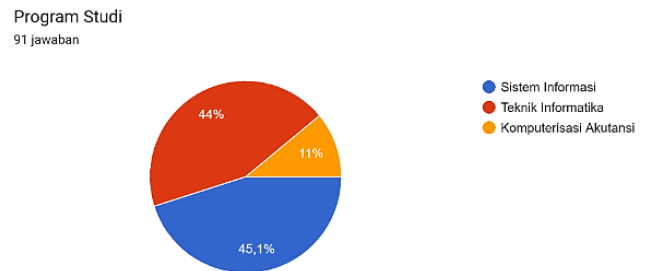
1) Jenis Kelamin



Gambar 1. Hasil Survei Jenis Kelamin Perempuan

Berdasarkan total 91 responden yang terlibat dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 1, sebagian besar merupakan mahasiswa berjenis kelamin laki-laki, dengan persentase sebesar 62,6% atau sejumlah 57 mahasiswa, sedangkan responden berjenis kelamin perempuan berjumlah 37,4% atau sebanyak 34 orang mahasiswa.

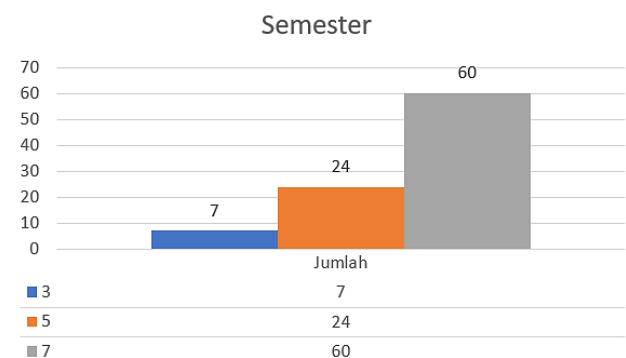
2) Program Studi



Gambar 2. Hasil Survei Program Studi Responden

Dari total 91 responden yang ada pada Gambar 2, mayoritas berasal dari Program Studi Sistem Informasi, yaitu sebanyak 45,1% atau 41 orang mahasiswa. Sementara itu, responden dari Program Studi Teknik Informatika berjumlah 44% atau 40 orang mahasiswa, dan dari Program Studi Komputerisasi Akuntansi sebesar 11% atau 10 orang mahasiswa.

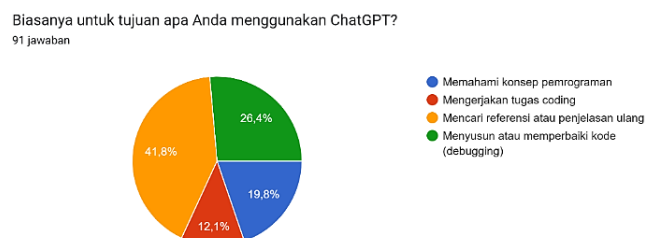
3) Semester



Gambar 3. Hasil Survei Semester Responden

Dari total 91 responden yang ada pada Gambar 3, mayoritas berasal dari semester 7 sebanyak 65,94% atau 60 mahasiswa, kemudian diikuti oleh mahasiswa semester 5 sebanyak 26,37% atau 24 mahasiswa dan terakhir semester 3 sebanyak 7,69% atau 7 mahasiswa

b) Tujuan Penggunaan ChatGPT dalam Mata Kuliah Pemrograman



Gambar 4. Hasil Survei Tujuan Penggunaan ChatGPT

Dari total 91 responden pada Gambar 4, mayoritas responden menggunakan ChatGPT untuk mencari referensi atau penjelasan ulang sebanyak 41,8% atau 38 mahasiswa. Tujuan lain yang cukup tinggi adalah untuk menyusun atau memperbaiki kode (*debugging*) sebesar 26,4% atau 24

mahasiswa. Sementara itu, sebesar 19,8% atau 18 mahasiswa menggunakan ChatGPT untuk memahami konsep pemrograman dan sebesar 12,1% atau 11 mahasiswa menggunakannya untuk mengerjakan tugas *coding*

3.1.2 Hasil Uji Instrumen Penelitian

a) Uji Validitas

Dalam proses pengujian, validitas instrumen ditentukan melalui perbandingan antara nilai *r* hitung (*Pearson Correlation*) dan nilai *r* tabel. Nilai *r* hitung diperoleh dari hasil analisis korelasi, sedangkan nilai *r* tabel ditentukan berdasarkan derajat kebebasan ($df = N - 2$), di mana *N* merupakan jumlah responden, yaitu 91 mahasiswa, dengan tingkat signifikansi 0,05. Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai *r* tabel sebesar 0,204.

Pengujian validitas pada penelitian ini dilaksanakan dengan bantuan perangkat lunak SPSS, menggunakan acuan skoring terhadap setiap butir pernyataan yang disusun dalam skala Likert. Untuk mempermudah interpretasi hasil pengujian, disajikan tabel hasil uji validitas instrumen berdasarkan masing-masing variabel sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Kemudahan Penggunaan ChatGPT

Item	<i>r</i> hitung	<i>r</i> tabel	Nilai Signifikansi	Kriteria
P1	0,846	0,204	0,000	Valid
P2	0,796	0,204	0,000	Valid
P3	0,762	0,204	0,000	Valid

Berdasarkan hasil pengujian validitas seperti yang terlihat pada Tabel 1, seluruh butir pernyataan pada variabel kemudahan penggunaan ChatGPT memiliki nilai *r*hitung yang lebih besar daripada *r*tabel (0,204). Hal ini menunjukkan bahwa setiap item pernyataan dinyatakan valid, sehingga instrumen tersebut layak digunakan untuk mengukur persepsi responden terhadap kemudahan penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman.

Tabel 2. Hasil Uji Validitas Manfaat dalam Menyelesaikan Tugas Kuliah

Item	<i>r</i> hitung	<i>r</i> tabel	Nilai Signifikansi	Kriteria
P4	0,745	0,204	0,000	Valid
P5	0,759	0,204	0,000	Valid
P6	0,776	0,204	0,000	Valid
P7	0,844	0,204	0,000	Valid
P8	0,466	0,204	0,000	Valid
P9	0,657	0,204	0,000	Valid

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, seluruh butir pernyataan dalam variabel manfaat dalam menyelesaikan tugas kuliah memiliki nilai *r*hitung yang lebih besar dari *r*tabel (0,204), dengan tingkat signifikansi 0,000. Hasil tersebut menegaskan bahwa seluruh item pada variabel ini dinyatakan valid, sehingga dapat digunakan untuk mengukur persepsi responden mengenai manfaat ChatGPT dalam membantu penyelesaian tugas kuliah.

Tabel 3. Ketergantungan Terhadap ChatGPT

Item	<i>r</i> hitung	<i>r</i> tabel	Nilai Signifikansi	Kriteria
P10	0,867	0,204	0,000	Valid
P11	0,911	0,204	0,000	Valid
P12	0,887	0,204	0,000	Valid

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 3, seluruh pernyataan dalam variabel ketergantungan terhadap ChatGPT menunjukkan nilai *r*hitung di atas *r*tabel (0,204) dengan nilai signifikansi 0,000. Hasil ini mengindikasikan bahwa seluruh butir pernyataan dinyatakan valid, sehingga instrumen ini dapat secara tepat menggambarkan tingkat ketergantungan mahasiswa terhadap penggunaan ChatGPT.

Tabel 4. Hasil Uji Validitas Tingkat Keberhasilan Penggunaan ChatGPT

Item	<i>r</i> hitung	<i>r</i> tabel	Nilai Signifikansi	Kriteria
P13	0,766	0,204	0,000	Valid
P14	0,672	0,204	0,000	Valid
P15	0,797	0,204	0,000	Valid
P16	0,731	0,204	0,000	Valid

Seperti yang terlihat pada Tabel 4, seluruh butir pernyataan pada variabel tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT memiliki nilai *r*hitung yang lebih besar dari *r*tabel (0,204) dengan tingkat signifikansi 0,000. Dengan demikian, seluruh item pada variabel ini dinyatakan valid, dan instrumen tersebut dapat digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan mahasiswa dalam memanfaatkan ChatGPT sebagai alat bantu belajar pemrograman.

Berdasarkan hasil uji validitas yang dilaksanakan dengan metode analisis *Pearson Product Moment* melalui pemanfaatan program SPSS, diperoleh hasil bahwa seluruh butir pernyataan dalam instrumen penelitian memiliki nilai *r* hitung yang lebih besar daripada *r* tabel ($r \text{ hitung} > r \text{ tabel}$) pada taraf signifikansi 0,05. Temuan ini mengindikasikan bahwa seluruh item pernyataan pada kuesioner telah memenuhi kriteria validitas. Dengan demikian, instrumen penelitian tersebut dapat dinyatakan layak digunakan untuk mengukur variabel penelitian yang bersangkutan, karena telah memenuhi persyaratan validitas.

b) Uji Reliabilitas

Pada penelitian ini, pengujian reliabilitas dilaksanakan dengan koefisien *Cronbach's Alpha*. Proses perhitungan reliabilitas dilaksanakan dengan bantuan program SPSS, sehingga diperoleh nilai *Cronbach's Alpha* sebagai landasan dalam menentukan tingkat keterandalan instrumen penelitian. Instrumen yang memiliki tingkat reliabilitas tinggi akan mampu menghasilkan data yang konsisten, akurat, serta dapat dipercaya [18].

Tabel 5. Hasil Uji Reliabilitas Semua Variabel

Variabel	<i>Cronbach Alpha</i>	<i>r_{kritis}</i>	Kriteria
Kemudahan Penggunaan ChatGPT	0,713	0,60	Reliabel
Manfaat dalam Menyelesaikan Tugas Kuliah	0,799	0,60	Reliabel
Ketergantungan Terhadap ChatGPT	0,866	0,60	Reliabel
Tingkat Keberhasilan Penggunaan ChatGPT	0,722	0,60	Reliabel

Berdasarkan hasil pengujian reliabilitas yang terlihat pada Tabel 5 yang dilaksanakan dengan program SPSS, diperoleh nilai *Cronbach's Alpha* untuk setiap variabel berada di atas 0,60. Mengacu pada kriteria reliabilitas, suatu instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha* $\geq 0,60$. Dengan demikian, seluruh variabel penelitian ini dinyatakan reliabel sehingga instrumen layak dimanfaatkan sebagai alat ukur penelitian.

3.1.3 Analisis Persepsi Mahasiswa terhadap ChatGPT

Pada kemudahan penggunaan ChatGPT, sebanyak 53,8% atau 49 mahasiswa menyatakan setuju bahwa mereka dapat mengakses ChatGPT dengan mudah menggunakan perangkat pribadi (laptop/HP). Sementara itu, sebanyak 40,7% atau 37 mahasiswa menyatakan sangat setuju. Di sisi lain, hanya sebagian kecil responden yang menyampaikan jawaban tidak setuju yaitu 1,1% atau 1 mahasiswa dan sangat tidak setuju sebesar 4,4% atau 4 mahasiswa. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas responden merasa akses ChatGPT menggunakan perangkat pribadi tergolong mudah.

Pada manfaat dalam tugas *coding*, sebanyak 69,2% atau 63 mahasiswa menyatakan setuju bahwa ChatGPT membantu mereka menyelesaikan tugas pemrograman. Selanjutnya, 20,9% atau 19 mahasiswa menyatakan sangat setuju. Di sisi lain, terdapat 8,8% atau 8 mahasiswa yang menyatakan tidak setuju, dan 1,1% atau 1 mahasiswa menyatakan sangat tidak setuju. Hasil ini memperlihatkan bahwa mayoritas responden merasa ChatGPT berperan penting dalam membantu penyelesaian tugas pemrograman.

Pada ketergantungan terhadap ChatGPT, terdapat 48,4% atau 44 mahasiswa menyatakan tidak setuju bahwa mereka merasa sulit menyelesaikan tugas tanpa bantuan ChatGPT. Sementara itu, sebanyak 33% atau 30 mahasiswa menyatakan setuju, dan 12,1% atau 11 mahasiswa menyatakan sangat setuju. Adapun responden yang mengemukakan sangat tidak setuju sebesar 6,6% atau 6 mahasiswa. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden masih mampu menyelesaikan tugas secara mandiri meskipun tanpa memanfaatkan ChatGPT.

Pada tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT, sebanyak 67% atau 61 mahasiswa menyatakan setuju bahwa mereka

berhasil menyelesaikan tugas lebih cepat setelah menggunakan ChatGPT. Sebanyak 22% atau 20 mahasiswa menyatakan sangat setuju, sedangkan 11% atau 10 mahasiswa menyatakan tidak setuju. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ChatGPT membantu sebagian besar responden dalam mempercepat penyelesaian tugas.

3.1.4 Hasil Interval

Sebelum melakukan perhitungan dengan skala Likert, terlebih dahulu ditentukan interval kelas untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kategori penilaian pada setiap rentang nilai. Perhitungan menghasilkan interval sebesar 20%, yang kemudian digunakan untuk menetapkan kategori pada setiap rentang persentase.

Tabel 6. Interval Kategori

Interval	Kategori
0% - 19,99%	Sangat Tidak Setuju
20% - 39,99%	Tidak Setuju
40% - 59,99%	Netral
60% - 79,99%	Setuju
80% - 100%	Sangat Setuju

Seperti yang terlihat pada Tabel 6, berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi skala setiap item pertanyaan berdasarkan tiap variabel setelah proses perhitungan dan intervalnya:

Tabel 7. Hasil Interval Variabel Kemudahan Penggunaan ChatGPT

Kode Item	Jumlah Jawaban					Skor					Total Skor	Interval
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
P1	4	1	0	49	37	4	2	0	196	185	387	85,05%
P2	4	9	0	58	20	4	18	0	232	100	354	77,80%
P3	2	2	0	61	25	2	4	0	244	125	375	82,41%
P4	1	8	0	63	19	1	16	0	252	95	364	80,00%
Rata – Rata Nilai Interval											81,31%	

Berdasarkan hasil penghitungan interval seperti yang terlihat pada Tabel 7, rata-rata nilai interval pada variabel Kemudahan Penggunaan sebesar 81,31%, termasuk kategori “Sangat Setuju”. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa menilai ChatGPT mudah diakses, dipahami, dan digunakan dalam kegiatan belajar, terutama pada mata kuliah pemrograman. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ChatGPT dianggap sangat mudah digunakan oleh mahasiswa dalam mendukung proses pembelajaran.

Tabel 8. Hasil Interval Variabel Manfaat dalam Menyelesaikan Tugas Kuliah

Kode Item	Jumlah Jawaban					Skor					Total Skor	Interval
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
P5	1	5	0	73	12	1	10	0	292	60	363	79,78%
P6	2	5	0	65	19	2	10	0	260	95	367	80,65%
P7	2	11	0	61	17	2	22	0	244	85	353	77,58%

Kode Item	Jumlah Jawaban					Skor					Total Skor	Interval
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
P8	8	0	0	60	23	8	0	0	240	115	363	79,78%
P9	2	13	0	65	11	2	26	0	260	55	343	75,38%
Rata – Rata Nilai Interval											78,63%	

Berdasarkan hasil penghitungan interval seperti yang terlihat pada Tabel 8, nilai rata-rata interval sebesar 78,63%, termasuk dalam kategori “Setuju”. Artinya, mahasiswa menilai ChatGPT membantu mereka dalam memahami logika pemrograman, memperbaiki *error*, serta mempercepat penyelesaian tugas kuliah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ChatGPT bermanfaat sebagai alat bantu dalam menyelesaikan tugas-tugas pemrograman.

Tabel 9. Hasil Interval Variabel Ketergantungan terhadap ChatGPT

Kode Item	Jumlah Jawaban					Skor					Total Skor	Interval
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
P10	6	44	0	30	11	6	88	0	120	55	269	59,12%
P11	15	43	0	25	8	15	86	0	100	40	241	52,96%
P12	13	48	0	21	9	13	96	0	84	45	238	52,30%
Rata – Rata Nilai Interval											54,79%	

Berdasarkan hasil penghitungan interval seperti yang terlihat pada Tabel 9, rata-rata nilai interval sebesar 54,79%, berada pada kategori “Netral”. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak sepenuhnya bergantung pada ChatGPT; mereka masih menggunakan sumber belajar lain seperti buku dan bimbingan dosen. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa menggunakan ChatGPT secara seimbang tanpa menunjukkan ketergantungan yang berlebihan.

Tabel 10. Hasil Interval Variabel Tingkat Keberhasilan Penggunaan ChatGPT

Kode Item	Jumlah Jawaban					Skor					Total Skor	Interval
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
P13	0	10	0	61	20	0	20	0	244	100	364	80,00%
P14	1	16	0	63	11	1	32	0	252	55	340	74,72%
P15	1	12	0	64	14	1	24	0	256	70	351	77,14%
P16	0	9	0	66	16	0	18	0	254	80	352	77,36%
Rata – Rata Nilai Interval											77,30%	

Berdasarkan hasil penghitungan interval seperti yang terlihat pada Tabel 10, rata-rata nilai interval sebesar 77,30%, termasuk dalam kategori “Setuju”. Hal ini menandakan bahwa mahasiswa merasa penggunaan ChatGPT cukup berhasil dalam meningkatkan pemahaman dan hasil belajar mereka. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan ChatGPT berhasil membantu mahasiswa mencapai tujuan pembelajaran secara efektif.

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan interval, yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Perhitungan Interval Variabel

Variabel	Rata – Rata (%)	Kategori
Kemudahan Penggunaan ChatGPT	81,31%	Sangat Setuju
Manfaat dalam Menyelesaikan Tugas Kuliah	78,63%	Setuju
Ketergantungan Terhadap ChatGPT	54,79%	Netral
Tingkat Keberhasilan Penggunaan ChatGPT	77,30%	Setuju

Secara keseluruhan, hasil pada Tabel 11 menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki persepsi positif terhadap penggunaan ChatGPT sebagai alat bantu belajar pemrograman. ChatGPT dinilai mudah digunakan, bermanfaat, dan membantu meningkatkan keberhasilan belajar, meskipun sebagian mahasiswa tetap menjaga kemandirian agar tidak bergantung sepenuhnya pada teknologi ini.

3.1.5 Pertanyaan Terbuka

Selain pertanyaan tertutup, dalam kuesioner ini juga disediakan pertanyaan terbuka yang bertujuan untuk menggali lebih dalam pendapat dan pengalaman responden. Pertanyaan terbuka pertama adalah “Menurut Anda, apa manfaat paling besar dari penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman?” dan berikut adalah hasil pernyataan terbuka pertanyaan pertama:

Tabel 12. Hasil Pertanyaan Terbuka (1)

Kategori	Hasil	Persentase
Membantu belajar pemrograman	37	40,66%
Efektivitas dan efisiensi waktu	12	13,19%
Kemudahan akses	4	4,40%
Kemudahan pencarian informasi, referensi dan sumber materi	6	6,59%
Membantu penyelesaian masalah <i>code</i> pemrograman	27	29,67%
Membantu memberikan materi dengan penjelasan yang mudah dipahami	5	5,49%
Total	91	100%

Seperti yang terlihat pada Tabel 12, temuan ini menunjukkan bahwa ChatGPT dipandang lebih dominan sebagai alat bantu pembelajaran teknis dibandingkan hanya sekadar penyedia informasi umum.

Kemudian, pertanyaan kedua adalah “Apa saran Anda agar penggunaan ChatGPT tetap membantu tanpa membuat mahasiswa terlalu bergantung?” dan berikut adalah hasil pertanyaan terbuka kedua.

Tabel 13. Hasil Pertanyaan Terbuka (2)

Kategori	Hasil	Persentase
Cari informasi atau sumber lain	14	15,38%
Tetap belajar mandiri	18	19,78%
Gunakan saat diperlukan saja atau seperlunya	15	16,48%
Cek kembali hasil informasi yang didapat	11	12,09%
Gunakan ChatGPT sebagai alat bantu belajar, bukan kebutuhan utama	19	20,88%
Coba kerjakan dan pahami sendiri terlebih dahulu	14	15,38%
Total	91	100%

Seperti yang terlihat pada Tabel 13, tabel ini dianalisis dan menghasilkan temuan bahwa mayoritas mahasiswa menyadari pentingnya penggunaan ChatGPT secara bijak agar tidak menghambat kemandirian belajar.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh fenomena meningkatnya penggunaan ChatGPT oleh mahasiswa dalam menyelesaikan tugas-tugas perkuliahan, khususnya pada mata kuliah pemrograman di Institut Widya Pratama Pekalongan. Sejalan dengan perkembangan kecerdasan buatan dalam bidang pendidikan, pemanfaatan ChatGPT dipandang sebagai salah satu bentuk inovasi pembelajaran digital yang berpotensi meningkatkan efektivitas proses belajar. Namun demikian, penggunaan teknologi ini juga memunculkan kekhawatiran terkait potensi ketergantungan serta kemungkinan penurunan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menelaah persepsi mahasiswa terhadap pemanfaatan ChatGPT sebagai media pendukung pembelajaran, dengan fokus pada empat aspek utama, yaitu kemudahan penggunaan, manfaat dalam penyelesaian tugas, potensi ketergantungan, serta tingkat keberhasilan penggunaannya.

Responden dalam penelitian ini berjumlah 91 mahasiswa aktif tahun akademik 2024/2025 dari Institut Widya Pratama Pekalongan. Berdasarkan karakteristik responden, mayoritas merupakan mahasiswa Program Studi Teknik Informatika dan Sistem Informasi pada jenjang sarjana (S1), dengan dominasi mahasiswa semester 7. Kondisi ini menunjukkan bahwa responden telah memiliki pengalaman belajar pemrograman yang cukup serta terbiasa menggunakan berbagai teknologi pendukung pembelajaran, sehingga mampu memberikan penilaian yang relevan terhadap pemanfaatan ChatGPT.

Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel kemudahan penggunaan ChatGPT memperoleh nilai rata-rata sebesar 81,31% dan berada pada kategori sangat setuju. Temuan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa memandang ChatGPT sebagai teknologi yang mudah diakses dan dioperasikan dalam proses pembelajaran. Hasil ini sejalan dengan teori persepsi teknologi yang menyatakan bahwa kemudahan

penggunaan merupakan faktor penting dalam membentuk penerimaan pengguna terhadap suatu sistem pembelajaran berbasis teknologi [8]. Selain itu, temuan ini juga konsisten dengan berbagai penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa ChatGPT dinilai *user-friendly* serta membantu mahasiswa dalam memahami struktur kode dan logika algoritma pemrograman [3], [4].

Pada variabel manfaat dalam menyelesaikan tugas kuliah, diperoleh nilai rata-rata sebesar 78,63% dengan kategori setuju. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa merasakan manfaat nyata dari penggunaan ChatGPT, khususnya dalam memahami logika pemrograman, melakukan *debugging*, serta memperoleh penjelasan ulang terhadap materi yang belum dipahami. Temuan ini relevan dengan konsep pembelajaran berbantuan teknologi, di mana AI berperan sebagai *scaffolding* yang membantu mahasiswa mengatasi kesulitan belajar. Hasil ini juga memperkuat temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa asisten berbasis AI dapat meningkatkan efektivitas belajar mahasiswa pada mata kuliah yang bersifat teknis dan kompleks seperti pemrograman [12].

Sementara itu, variabel ketergantungan terhadap ChatGPT memperoleh nilai rata-rata sebesar 54,79% dan berada pada kategori netral. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak sepenuhnya bergantung pada ChatGPT dalam proses belajar. Sebagian besar mahasiswa masih memanfaatkan sumber belajar lain, seperti dosen, buku, diskusi kelompok, dan latihan mandiri. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya penggunaan teknologi AI secara proporsional agar tidak menghambat perkembangan kemampuan berpikir kritis dan kemandirian belajar mahasiswa [10].

Pada variabel tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT, diperoleh nilai rata-rata sebesar 77,30% yang termasuk dalam kategori setuju. Hal ini menegaskan bahwa mahasiswa menilai penggunaan ChatGPT cukup berhasil dalam mendukung proses pembelajaran. Meskipun demikian, mahasiswa tetap memosisikan ChatGPT sebagai alat bantu atau pendamping belajar, bukan sebagai pengganti proses berpikir dan pemecahan masalah secara mandiri. Temuan ini mendukung hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keberhasilan pemanfaatan AI dalam pendidikan sangat dipengaruhi oleh cara mahasiswa memosisikan teknologi tersebut sebagai pendukung, bukan pengganti proses belajar [21].

Hasil jawaban terbuka turut memperkuat temuan kuantitatif tersebut. Sebagian besar responden menyatakan bahwa manfaat utama penggunaan ChatGPT adalah membantu proses belajar pemrograman dan penyelesaian masalah kode program. Selain itu, responden juga menyoroti aspek efisiensi waktu, kemudahan akses, kemudahan pencarian informasi, serta penyampaian materi dengan bahasa yang lebih mudah dipahami. Temuan ini menunjukkan bahwa ChatGPT membantu mahasiswa dalam memahami materi

pemrograman melalui penyajian informasi yang mudah dipahami dan responsif terhadap kebutuhan belajar mahasiswa [4].

Terkait saran penggunaan, mahasiswa menekankan pentingnya menjaga keseimbangan dalam memanfaatkan ChatGPT. Sebagian responden menyarankan agar ChatGPT hanya digunakan sebagai alat bantu belajar, tetap mengedepankan pembelajaran mandiri, serta memverifikasi kembali informasi yang diperoleh dari ChatGPT dengan sumber lain. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak hanya merasakan manfaat teknologi, tetapi juga memiliki kesadaran akan potensi risiko ketergantungan.

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan adanya keterkaitan antara landasan teori, temuan empiris, dan hasil penelitian terdahulu terkait pemanfaatan ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman. ChatGPT dipersepsikan sebagai teknologi yang relatif mudah digunakan dan bermanfaat dalam mendukung penyelesaian tugas serta pemahaman materi. Namun demikian, mahasiswa tetap menunjukkan sikap kehati-hatian dengan menjaga kemandirian belajar dan tidak sepenuhnya bergantung pada teknologi AI. Oleh karena itu, ChatGPT lebih tepat diposisikan sebagai pendamping belajar yang melengkapi proses pembelajaran konvensional, bukan sebagai pengganti peran dosen maupun upaya belajar mandiri mahasiswa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, persepsi mahasiswa mengenai penggunaan ChatGPT menunjukkan bahwa ChatGPT dianggap mudah digunakan, bermanfaat dalam menyelesaikan tugas pemrograman, serta efektif sebagai pendamping belajar. Mahasiswa merasa ChatGPT mampu membantu memahami logika program, *debugging*, dan memberikan penjelasan ulang materi. Selain itu, ChatGPT dinilai dapat meningkatkan pemahaman serta motivasi belajar.

Persepsi mahasiswa juga menegaskan bahwa tingkat keberhasilan penggunaan ChatGPT berada pada kategori baik, sehingga ChatGPT dianggap efektif sebagai pendamping belajar dalam memperlancar pemahaman materi. Namun demikian, mahasiswa tetap menyadari adanya potensi ketergantungan, sehingga ChatGPT diposisikan sebagai alat bantu pendukung, bukan sebagai pengganti sumber belajar utama maupun kemampuan berpikir kritis.

Ucapan Terima Kasih

Rasa terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Institut Widya Pratama Pekalongan, khususnya Fakultas Teknologi Informasi, atas dukungan, bimbingan, dan fasilitas yang disediakan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan mahasiswa yang telah berpartisipasi sebagai responden dalam penelitian ini, sehingga penelitian mengenai Persepsi Penggunaan

ChatGPT sebagai Alat Bantu Belajar Mata Kuliah Pemrograman dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Yahya, Wahyudi, and A. Hidayat, "Implementasi Artificial Intelligence (AI) di Bidang Pendidikan Kejuruan Pada Era Revolusi Industri 4.0," dalam *Prosiding Seminar Nasional Dies Natalis* 62, 2021.
- [2] E. S. Eriana & A. Zein, *Artificial Intelligence (AI)*, Eureka Media Aksara, Purbalingga, p.106, 2023.
- [3] F. P. Siregar, S. Wahyudi, D. A. Chandra, and A. A. Dwiana, "ChatGPT dalam Mendukung Pembelajaran di Sekolah," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Vokasional*, vol. 6, no. 1, 2024, doi: 10.23960/jpvti.
- [4] A. Supriyono, A. D. Lesmono, and T. Prihandono, "Dampak dan Tantangan Pemanfaatan ChatGPT dalam Pembelajaran pada Kurikulum Merdeka: Tinjauan Literatur Sistematis," *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, vol. 9, no. 2, 2024, doi: 10.24832/jpnk.v9i2.5214.
- [5] R. Darwas, R. Sepriana, R. Rahimullailly, N. Jalinus, A. Ambiyar, and G. Giatman, "Exploring the Influence of Programming Courses on University Students' Computational Thinking Skills," *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, vol. 18, no. 2, pp. 883–898, Aug. 2025, doi: 10.24036/jtip.v18i2.977.
- [6] A. Putra dan S. Widodo, "Analisis Kesulitan Mahasiswa dalam Pembelajaran Pemrograman Dasar," *Jurnal Informatika dan Teknologi Pendidikan*, vol. 5, no. 2, pp. 112–120, 2022. [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jtip>.
- [7] F. Tsabita and K. D. Dwivayani, "Persepsi Tenaga Honorer Terhadap Video Reels Instagram Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur pada Isu Penghapusan Tenaga Honorer (Studi Kasus pada Tenaga Honorer SMK Negeri 15 Samarinda)," *eJournal Ilmu Komunikasi*, vol. 2023, no. 4, pp. 128–142, 2023, [Online]. Available: www.cnbcindonesia.com.
- [8] N. K. Pratiwi et al., "Persepsi Mahasiswa terhadap Penggunaan ChatGPT: Peluang dan Tantangan bagi Pembelajaran Bahasa Indonesia sebagai Mata Kuliah Wajib pada Kurikulum Perguruan Tinggi," *Pendidikan Onoma*, vol. 10, no. 3, pp. 2727–2742, Jun. 2024. [Online]. Available: <https://e-journal.my.id/onoma>
- [9] K. R. Nababan, "The Impact of Chinese Whisper Game and Vocabulary Mastery on Students'

- Speaking Skill,” *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*, vol. 14, no. 2, p. 137, 2022, doi: 10.26418/jvip.v14i2.54833.
- [10] T. Mairisiska and N. Qadariah, “Persepsi Mahasiswa FTIK IAIN Kerinci terhadap Penggunaan ChatGPT untuk Mendukung Pembelajaran di Era Digital,” *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, vol. 13, no. 2, pp. 107–124, Oct. 2023, doi: 10.23887/jurnal_tp.v13i2.2653.
- [11] H. N. K. Sari *et al.*, “Penggunaan Chat GPT dalam Pemrograman dan Coding Mahasiswa Ilmu Komputer UNNES,” *Jurnal Majemuk*, vol. 4, no. 2, pp. 332–339, Jun. 2025. [Online]. Available: <http://jurnalilmiah.org/journal/index.php/majemuk>
- [12] H. Nufus, “Pengaruh Penggunaan ChatGPT Terhadap Motivasi Belajar Mahasiswa STMIK Antar Bangsa,” *Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa*, vol. 10, no. 1, pp. 28–31, Feb. 2024.
- [13] A. Permatasari dan S. Suhendi, “Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Talent Film berbasis Aplikasi Web”, *j. inform. terpadu*, vol. 6, no. 1, hlm. 29–37, Mar 2020.
- [14] M. Asqia, H. Aditijawijaya, Y. Zulkarnain, A. Fadlila, and Z. Imaduddin, “Pengembangan Sistem Pengajuan Surat Berbasis GSuite Untuk Meningkatkan Kemudahan Akses Layanan Administrasi Akademik Untuk Mahasiswa,” *Teknika*, vol. 11, no. 3, pp. 197–207, Oct. 2022, doi: 10.34148/teknika.v11i3.547.
- [15] M. D. Pratama, R. Gustriansyah, dan E. Purnamasari, “Klasifikasi Penyakit Daun Pisang menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)”, *j. teknologi terpadu*, vol. 10, no. 1, hlm. 1–6, Jul 2024.
- [16] I. P. Solihin, B. Triwahyono, M. B. Wibisono, dan S. Munir, “Rencana Strategis Transformasi Teknologi Informasi pada Industri Kelapa Sawit Menggunakan Framework Zachman”, *j. teknologi terpadu*, vol. 10, no. 2, hlm. 98–104, Des 2024, [Online]. Available: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt>
- [17] R. N. Amalia, R. S. Dianingati, and E. Annisaa', "Pengaruh Jumlah Responden terhadap Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner Pengetahuan dan Perilaku Swamedikasi," *Generics: Journal of Research in Pharmacy*, vol. 2, no. 1, pp. 9-15, May. 2022..
- [18] B. Darma, *Statistika Penelitian Menggunakan SPSS (Uji Validitas, Uji Reliabilitas, Regresi Linier Sederhana, Regresi Linier Berganda, Uji t, Uji F, R2)*. DKI Jakarta: Guepedia, 2021.
- [19] M. Memon, "Purposive sampling in quantitative research: Approaches and applications," *J. Appl. Struct. Eq. Modeling*, vol. 6, no. 1, pp. 34-40, 2025.
- [20] D. Rahmawati, A. Suryanto, dan L. Hakim, “Persepsi Mahasiswa terhadap Pemanfaatan Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Pemrograman,” *Jurnal Sistem Informasi dan Pendidikan*, vol. 4, no. 1, pp. 45–54, 2023. [Online]. Tersedia: <https://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/sisfotek>
- [21] N. D. Septiyanti, M. I. Luthfi, M. Cinthya, and R. Abdillah, “Integrasi ChatGPT sebagai asisten virtual untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran pemrograman web berbasis project-based learning,” *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 5, no. 10, pp. 3051–3063, Oct. 2025, doi: 10.52436/1.jpti.1373.
- [22] B. N. Islam, G. S. Sheikh, R. Fatima, and F. Alvi, “A Study of Difficulties of Students in Learning Programming,” *Journal of Education & Social Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 38–46, 2019, doi: 10.20547/jess0721907203.
- [23] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, *Multivariate Data Analysis*, 8th ed. Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2019.



PENERAPAN STRATEGI *HYBRID ON-CHAIN/OFF-CHAIN* DALAM PENYIMPANAN DATA PASIEN RUMAH SAKIT PADA JARINGAN *BLOCKCHAIN*

Salman El Farisi¹, Yaasir Aidil Fitrah², Fatiah Al Zahra³, Akhmam Fahmi⁴

^{1,2,3} Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri

⁴ Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri

Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia 12640

salman@nurulfikri.ac.id, yaas22277ti@student.nurulfikri.ac.id, fati22246ti@student.nurulfikri.ac.id, akhmam.fahmi@nurulfikri.ac.id

Abstract

In recent years, the adoption of Electronic Medical Records (EMR) has become an important part of the digital transformation in the healthcare sector. However, centralized EMR systems still face several challenges, including the risk of single points of failure and limitations in ensuring the integrity and security of patient data. This research aims to develop a prototype of a decentralized RME data storage system utilizing Blockchain and the Inter-Planetary File System (IPFS). The system is designed to support three main scenarios, namely patient registration, patient data search, and outpatient registration. Patient medical record data is stored off-chain on IPFS in JSON format, while metadata, including the Content Identifier (CID) and Population Identification Number (NIK), is stored on-chain on the Ethereum network using Smart Contracts. System evaluation was conducted by measuring gas consumption in patient data storage and outpatient registration functions. The results show that the patient registration function consumes a significantly higher average gas (380,907 units) than the outpatient registration function (51,540 units), indicating greater computational complexity. These findings also suggest that integrating blockchain technology with IPFS is a viable approach to building a secure, decentralized electronic medical record (EMR) storage system.

Keywords: Blockchain, Electronic Medical Record, Ethereum, IPFS, Smart Contract

Abstrak

Dalam beberapa tahun terakhir, adopsi Rekam Medis Elektronik (RME) telah menjadi bagian penting dari transformasi digital di sektor kesehatan. Namun, sistem RME yang bersifat terpusat masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti risiko *single point of failure* dan keterbatasan dalam menjamin integritas serta keamanan data pasien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan purwarupa sistem penyimpanan data RME yang terdesentralisasi dengan memanfaatkan teknologi *Blockchain* dan *Inter-Planetary File System* (IPFS). Sistem dirancang untuk mendukung tiga skenario utama, yaitu pendaftaran pasien, pencarian data pasien, dan pendaftaran rawat jalan. Data rekam medis disimpan secara *off-chain* pada IPFS dalam format JSON, sementara *metadata* berupa *Content Identifier* (CID) dan Nomor Induk Kependudukan (NIK) disimpan secara *on-chain* pada jaringan Ethereum menggunakan *Smart Contract*. Evaluasi sistem dilakukan melalui pengujian non-fungsional dengan mengukur konsumsi *gas used* pada fungsi penyimpanan data pasien dan pendaftaran rawat jalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsi penyimpanan data pasien memiliki rata-rata penggunaan gas sebesar 380.907 unit, jauh lebih tinggi dibandingkan fungsi pendaftaran rawat jalan sebesar 51.540 unit, yang mencerminkan tingkat kompleksitas proses yang lebih besar. Temuan ini sekaligus menunjukkan bahwa integrasi teknologi *blockchain* dan IPFS berpotensi digunakan sebagai solusi penyimpanan Rekam Medis Elektronik (RME) yang aman dan terdesentralisasi.

Kata kunci: Blockchain, Ethereum, IPFS, Rekam Medis Elektronik, Smart Contract

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, industri kesehatan mengalami transformasi signifikan yang didorong oleh kemajuan teknologi digital. Salah satunya adalah melalui

adopsi Rekam Medis Elektronik (RME) di lingkungan fasilitas pelayanan kesehatan. RME merupakan versi digital dari rekam medis berbasis kertas yang berfungsi sebagai repositori data kesehatan pasien yang mencakup informasi

demografi, riwayat medis, diagnosis, dan pengobatan pasien [1]. Di Indonesia, penerapan RME telah diatur secara resmi melalui Permenkes No. 24 Tahun 2022 yang memberikan kerangka hukum dan pedoman teknis dalam implementasinya di berbagai fasilitas layanan kesehatan.

Peralihan dari catatan kertas ke RME di Indonesia didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan mutu pelayanan kesehatan serta menjamin keamanan, kerahasiaan, keutuhan, dan ketersediaan data rekam medis. RME dirancang untuk merampingkan alur kerja penyedia layanan kesehatan dengan memungkinkan akses *real-time* ke data pasien, mengurangi risiko kesalahan yang terkait dengan pencatatan manual, dan memfasilitasi koordinasi perawatan yang lebih baik [2].

Namun, dalam penerapan RME, terdapat sejumlah tantangan yang harus dihadapi. Salah satu tantangan utama adalah tingginya biaya operasional yang diperlukan untuk membangun dan memelihara sistem RME yang andal [3]. Selain itu, sistem RME yang umumnya terpusat (*centralized*) menimbulkan risiko terhadap terjadinya *single point of failure*, dimana kegagalan pada satu titik pusat dapat menyebabkan seluruh sistem tidak berfungsi.

Berdasarkan penelitian survei yang dilakukan oleh Colakoglu et.al, *maintainability*, *reliability*, dan *security* merupakan tiga atribut utama yang menentukan kualitas operasional suatu perangkat lunak. *Security* mengacu pada kemampuan sistem dalam menjaga keamanan dan keutuhan data, sedangkan *reliability* merujuk pada konsistensi kinerja sistem dalam jangka waktu tertentu [4].

Untuk mencapai tingkat reliabilitas yang tinggi, diperlukan penerapan arsitektur teknologi terdistribusi yang tidak bergantung pada satu titik kegagalan (*single point of failure*). Di sisi lain, untuk menjamin keamanan data, sistem harus dirancang sedemikian rupa agar mampu mencegah perubahan atau manipulasi data oleh pihak yang tidak berwenang. Berdasarkan karakteristik tersebut, diusulkanlah sebuah solusi sistem penyimpanan data RME berbasis *Blockchain* dan *Inter-Planetary File System* (IPFS) untuk menjamin integritas dan reliabilitas sistem yang dibangun.

Pemanfaatan teknologi *blockchain* sebagai media penyimpanan data rekam medis elektronik (RME) bukanlah pendekatan yang sepenuhnya baru. Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, terdapat setidaknya tiga sistem penyimpanan RME berbasis *blockchain* yang telah dikembangkan sebelumnya.

MedChain, sebagaimana diperkenalkan oleh Daraghmi et al., merupakan sistem pencatatan RME berbasis *blockchain* yang berfokus pada peningkatan interoperabilitas, keamanan, dan aksesibilitas data medis, baik bagi pasien maupun penyedia layanan kesehatan [5]. Sistem ini menjamin privasi pasien melalui implementasi *smart contract* berbasis waktu (*time-based smart contract*) yang

mengatur transaksi dan kontrol akses terhadap data. Untuk penyimpanan data, MedChain mengadopsi pendekatan *off-chain* dengan menggunakan *Relational Database Management System* (RDBMS), yang dihubungkan melalui *query* yang tersimpan dalam jaringan *blockchain* guna menjaga kerahasiaan data.

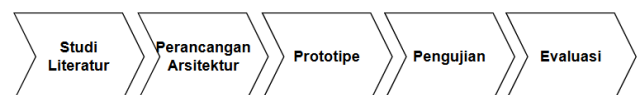
EdgeMediChain, sebagaimana dijelaskan oleh Akkaoui et al., memanfaatkan pendekatan *edge computing* untuk meningkatkan performa transaksi RME, tanpa mengorbankan aspek skalabilitas, keamanan, dan privasi [6]. Sistem ini menggunakan *Inter-Planetary File System* (IPFS) sebagai lapisan penyimpanan data *off-chain* guna mendukung efisiensi dan skalabilitas sistem.

AppXChain, yang diperkenalkan oleh Medine et al., berupaya mengatasi tantangan interoperabilitas lintas platform dalam ekosistem *blockchain* [7]. Sistem ini menekankan pentingnya komunikasi lintas-rantai (*cross-chain communication*) dan pertukaran data antar-arsitektur *blockchain* yang berbeda. Untuk mendukung tujuan tersebut, AppXChain mengimplementasikan sebuah lapisan penerjemah terdesentralisasi yang berfungsi sebagai jembatan antar jaringan *blockchain*.

Meskipun berbagai penelitian terdahulu seperti MedChain, AppXChain, dan EdgeMediChain telah memanfaatkan *blockchain* untuk pengelolaan rekam medis elektronik, sebagian besar belum mempertimbangkan aspek kepatuhan terhadap regulasi nasional. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk merancang purwarupa sistem penyimpanan data pasien/RME berbasis *blockchain* dengan menerapkan strategi penyimpanan *hybrid* berbasis *blockchain* dan IPFS untuk menciptakan sistem yang terdesentralisasi dan selaras dengan regulasi nasional guna menjamin kepemilikan, keamanan, dan efisiensi pengelolaan data rekam medis pasien di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, penelitian ini dilaksanakan melalui lima tahapan utama, yaitu studi literatur, perancangan sistem, pengembangan prototipe, pengujian, dan evaluasi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahap studi literatur bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai konsep, arsitektur, dan mekanisme penyimpanan data rekam medis elektronik (RME) berbasis *blockchain* yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya. Selain itu, tahap ini juga mencakup penelaahan terhadap regulasi nasional, khususnya Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/1423/2022 tentang Metadata Rekam Medis Elektronik, guna memastikan bahwa rancangan

sistem yang dikembangkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Tahap perancangan sistem dilakukan dengan menyusun arsitektur sistem penyimpanan data RME berbasis *blockchain* menggunakan pendekatan *hybrid storage*, yang memisahkan data antara lapisan *on-chain* dan *off-chain*. Hasil dari tahap ini berupa diagram arsitektur sistem dan *sequence diagram* yang digunakan sebagai acuan dalam proses pengembangan.

Tahap pengembangan prototipe berfokus pada implementasi rancangan sistem menjadi aplikasi fungsional yang terdiri atas dua komponen utama, yaitu *frontend* (DApp) yang dikembangkan menggunakan JavaScript, HTML, dan CSS, serta *backend* (*Smart Contract*) yang dibangun menggunakan bahasa Solidity.

Tahap pengujian dilakukan untuk menilai performa *smart contract*, dengan fokus pada analisis konsumsi *gas fee* dari setiap fungsi utama, termasuk proses penyimpanan data dan pencarian data. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi eksekusi fungsi serta menilai kelayakan implementasi sistem dari sisi biaya transaksi di jaringan *blockchain*.

Tahap terakhir, yaitu evaluasi, dilakukan untuk menganalisis hasil pengujian dan menilai sejauh mana sistem yang dibangun mampu memenuhi tujuan penelitian, khususnya dalam menjamin keamanan, efisiensi, dan kepatuhan terhadap regulasi penyimpanan data RME di Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Teknologi Blockchain

Teknologi *blockchain* adalah sistem yang memungkinkan penyimpanan data secara terdistribusi dan aman, di mana setiap transaksi dicatat dalam blok yang terhubung secara kriptografis. *Blockchain* berfungsi sebagai buku besar digital yang tidak dapat diubah, sehingga memberikan transparansi dan keamanan dalam berbagai aplikasi, mulai dari mata uang kripto hingga manajemen rantai pasokan [8]. Teknologi ini mengandalkan mekanisme konsensus untuk memastikan bahwa semua peserta dalam jaringan setuju mengenai status buku besar untuk mencegah terjadinya manipulasi data dalam jaringan *Blockchain* [9].

Terdapat beberapa jenis *blockchain* yang dapat dibedakan berdasarkan akses dan kontrol partisipasi, yaitu *public blockchain*, *permissioned blockchain*, dan *consortium blockchain*. *Public blockchain*, seperti Bitcoin dan Ethereum, memungkinkan siapa saja untuk bergabung dan berpartisipasi dalam jaringan tanpa perlu izin dari pihak ketiga. Jenis ini memberikan tingkat desentralisasi yang tinggi, tetapi sering kali menghadapi tantangan terkait skalabilitas dan kecepatan transaksi [10].

Di sisi lain, *permissioned blockchain* membatasi siapa yang dapat berpartisipasi dalam jaringan. Dalam model ini, hanya

entitas yang dikenal dan teridentifikasi yang diizinkan untuk bertransaksi dan memvalidasi blok [11]. Hal ini memungkinkan pengelolaan yang lebih baik terhadap kecepatan transaksi. *Permissioned blockchain* sering digunakan dalam konteks bisnis dan industri, di mana kepercayaan dan keamanan menjadi prioritas utama [12].

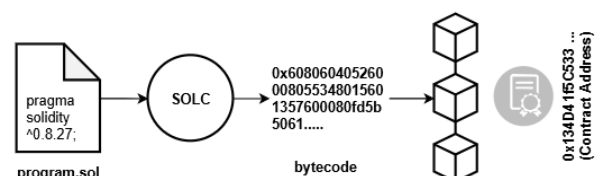
Consortium blockchain adalah bentuk lain dari *permissioned blockchain*, di mana sekelompok organisasi bekerja sama untuk mengelola jaringan. Dalam model ini, kontrol dan tanggung jawab dibagi di antara beberapa entitas, yang memungkinkan kolaborasi yang lebih baik dan pengurangan risiko [13]. Konsensus dalam *consortium blockchain* dapat dicapai melalui algoritma yang lebih efisien, seperti PBFT (*Practical Byzantine Fault Tolerance*) atau algoritma berbasis voting lain yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan [14].

3.2 Smart Contract / Chain Code

Smart contract atau *chain code* merupakan program komputer yang dijalankan di dalam jaringan *blockchain*. Konsep ini pertama kali diperkenalkan secara luas oleh Vitalik Buterin pada tahun 2013 melalui peluncuran platform Ethereum [15]. Konsep ini diperkenalkan dengan mengusung ide bahwa *blockchain* dapat digunakan tidak hanya untuk pencatatan transaksi keuangan, tetapi juga sebagai platform eksekusi program terdesentralisasi. Keberadaan *smart contract* membuka peluang pemanfaatan teknologi *blockchain* dalam berbagai bidang dengan menawarkan transparansi dan otomatisasi pada proses bisnis [16].

Seperti yang terlihat pada Gambar 2, dalam proses pengembangannya, *smart contract* umumnya ditulis menggunakan bahasa pemrograman Solidity. Setelah proses penulisan kode selesai, program akan dikompilasi menggunakan *Solidity Compiler* (solc) untuk menghasilkan *bytecode* yang dapat dijalankan di jaringan Ethereum [17]. *Bytecode* ini kemudian di-deploy ke dalam jaringan *blockchain*, dan setiap kontrak yang berhasil diunggah akan memperoleh alamat unik yang disebut *contract address*.

Contract address berfungsi sebagai pengenalan kontrak di dalam jaringan dan menjadi titik interaksi antara *smart contract* dengan pengguna maupun aplikasi lainnya. Melalui alamat ini, program lain atau antarmuka pengguna dapat memanggil fungsi-fungsi dalam *smart contract*, serta melakukan transaksi data di dalam jaringan *blockchain*.



Gambar 2. Ilustrasi Pengembangan Smart Contract

3.3 Inter-Planetary File System (IPFS)

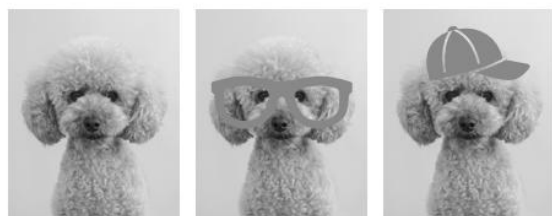
IPFS merupakan sebuah protokol penyimpanan data secara terdistribusi yang dikembangkan oleh Protocol Labs. Protokol ini menggunakan pendekatan *Content Identifier* (CID) untuk memastikan bahwa setiap data yang disimpan memiliki identitas unik yang dibentuk berdasarkan nilai *cryptographic hash* (SHA-256) dari data itu sendiri [18]. Hal ini menjamin bahwa setiap data akan memiliki nilai CID yang unik sesuai dengan kontennya seperti yang terlihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Ilustrasi nilai CID pada Sebuah Data Foto

IPFS menggunakan mekanisme pengalaman berbasis konten dengan menggunakan *hash ID/content identifier* (CID) [19]. Hal ini berbeda dengan pendekatan *Uniform Resource Locator* (URL) yang digunakan oleh internet. URL hanya memastikan bahwa data dapat diakses pada lokasi tertentu, namun tidak dapat memastikan konsistensi dari data yang disimpan pada lokasi tersebut.

URL:
<https://example.com/files/poodle.jpg>



HARI-1 HARI-90 HARI-270

Gambar 4. Pengalaman Berbasis Lokasi (URL)

Seperti yang terlihat pada Gambar 4 di atas, URL hanya bisa menjamin bahwa sebuah data dapat diakses pada lokasi tertentu. Akan tetapi, tidak dapat menjamin bahwa data yang diakses pada hari H akan terus konsisten saat diakses pada hari H+90 ataupun H+270. Hal ini tentunya berdampak pada validitas URL tersebut dalam mengidentifikasi sebuah data di lokasi tersebut.

Dengan menggunakan CID, integritas data dapat dipastikan dimana pun data tersebut disimpan, karena selama nilai CIDnya sama, maka konten yang akan diperoleh juga akan sama, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5 di bawah ini.

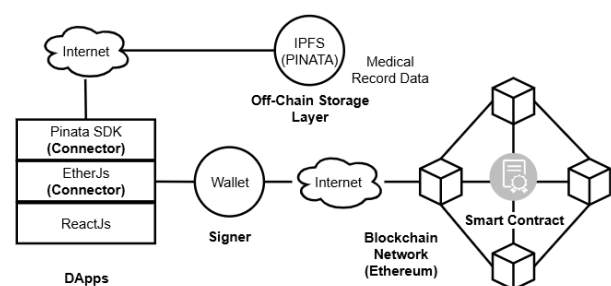


Gambar 5. Pengalaman Berbasis Konten (CID)

3.4 Arsitektur Sistem

Berdasarkan regulasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/1423/2022 mengenai metadata rekam medis elektronik, ditetapkan bahwa terdapat sedikitnya 32 atribut atau metadata yang wajib disimpan dalam sistem RME, khususnya yang berkaitan dengan informasi pribadi pasien rawat jalan. Jumlah atribut tersebut tergolong besar. Jika seluruhnya disimpan secara *on-chain*, maka hal ini dapat mempengaruhi skalabilitas jaringan *blockchain* yang digunakan. Oleh karena itu, dalam rancangan sistem ini digunakan pendekatan penyimpanan data secara *off-chain* berbasis IPFS untuk menyimpan data pasien secara terdistribusi dengan tetap menjaga keamanan data pasien.

Seperti yang terlihat pada Gambar 6, arsitektur sistem penyimpanan data rekam medis elektronik (RME) berbasis *blockchain* terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung mekanisme penyimpanan *on-chain* dan *off-chain*. Setiap komponen memiliki peran spesifik dalam memastikan keamanan, integritas, dan ketersediaan data. Secara umum arsitektur sistem penyimpanan RME dibagi ke dalam lima buah komponen yaitu: *Blockchain Platform*, *Offchain Storage Layer*, *Signer*, *Connector*, dan *DApp*.



Gambar 6. Arsitektur Sistem

Blockchain platform merupakan pondasi dalam pengembangan prototipe sistem. Dalam penelitian ini, Ethereum digunakan sebagai platform *blockchain* yang digunakan untuk melakukan penyimpanan data secara *on-chain* melalui program *Smart Contract* yang dibuat. Platform ini dipilih karena memiliki komunitas dan ekosistem pengembangan yang besar sehingga akan memudahkan proses implementasi ke depannya.

Off-Chain Storage Layer berperan sebagai lapisan penyimpanan data di luar *blockchain* untuk mengatasi keterbatasan kapasitas dan biaya penyimpanan *on-chain*. Pada penelitian ini digunakan protokol *Inter-Planetary File System* (IPFS) sebagai mekanisme penyimpanan terdistribusi yang memungkinkan data rekam medis disimpan secara efisien dan terdesentralisasi. IPFS dipilih karena mampu menyediakan identifikasi konten berbasis *hash*, distribusi data secara *peer-to-peer*, serta reliabilitas yang tinggi. Komponen menjadi komponen kunci dalam mendukung penyimpanan *off-chain* yang aman, *scalable*, dan sesuai kebutuhan sistem.

Connector merupakan komponen yang berperan dalam menjembatani komunikasi antara DApps dengan jaringan *blockchain* dan IPFS. Dalam penelitian ini, digunakanlah EtherJS sebagai *connector* untuk ke jaringan Ethereum dan PinataSDK sebagai *connector* untuk ke jaringan IPFS.

Signer merupakan komponen yang berperan dalam menandatangani setiap transaksi data secara kriptografis untuk kemudian disimpan di dalam jaringan *blockchain*. Proses ini diperlukan agar data yang dikirim dapat diterima dan diverifikasi oleh *validator node* pada jaringan Ethereum untuk kemudian disimpan di dalam blok data pada *validator node* tersebut.

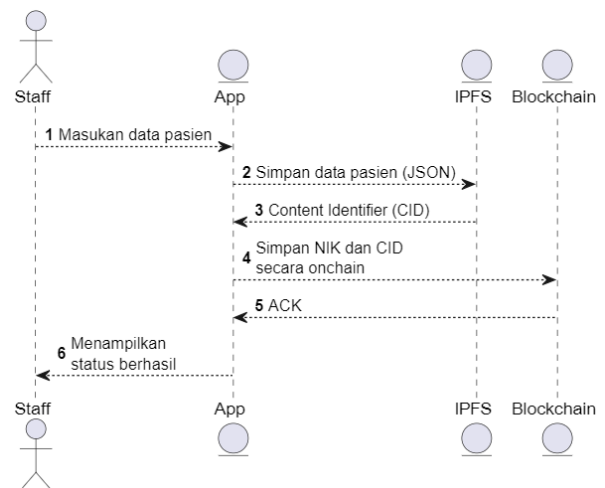
DApp merupakan komponen yang berperan sebagai antar muka sistem penyimpanan data RME. Melalui komponen ini, *user* berinteraksi dengan data-data yang disimpan di dalam jaringan *blockchain* dan IPFS. Dalam penelitian, pengembangan DApp dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Javascript dan ReactJS sebagai kerangka kerjanya.

3.5 Alur Penyimpanan Data Pasien

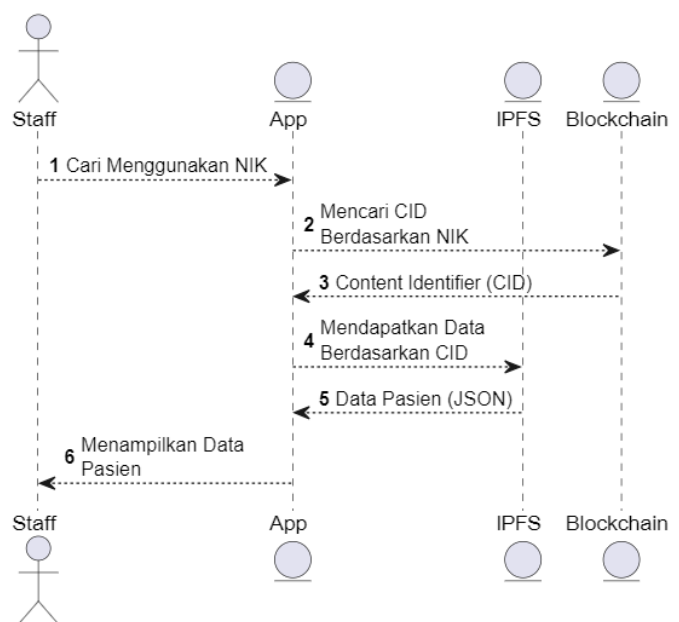
Seperti yang terlihat pada Gambar 7, proses penyimpanan data pasien dimulai dari *input* yang diberikan oleh staf registrasi pada aplikasi DApp. Seluruh informasi pasien rawat jalan dikemas dalam format JSON dan disimpan ke dalam *node* IPFS. Setelah data berhasil disimpan, sistem akan menghasilkan *Content Identifier* (CID), yang kemudian dipasangkan dengan Nomor Induk Kependudukan (NIK) pasien. Pasangan data NIK dan CID ini disimpan secara *on-chain* di dalam jaringan *blockchain* untuk memudahkan proses pencarian data ke depannya.

3.6 Alur Pencarian Data Pasien

Seperti yang terlihat pada Gambar 8, proses pencarian data pasien diawali dengan pencarian data NIK pada jaringan *blockchain* untuk memperoleh CID *metadata* pasien yang terkait dari *node* IPFS. Setelah CID ditemukan, DApp akan mengambil data pasien dari *node* IPFS menggunakan CID tersebut. Data yang diambil kemudian ditampilkan kepada pengguna melalui antarmuka sistem.



Gambar 7. Sequence Diagram Penyimpanan Data Pasien



Gambar 8. Sequence Diagram Pencarian Data Pasien

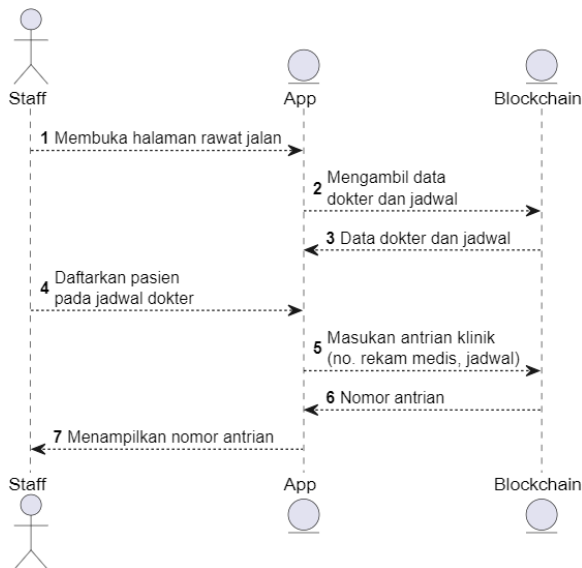
3.7 Alur Pendaftaran Rawat Jalan Pasien

Seperti yang terlihat pada Gambar 9, proses pendaftaran rawat jalan pasien memerlukan tambahan informasi terkait data klinik, jadwal, dan dokter. Dalam prototipe sistem ini, ketiga jenis data tersebut disimpan secara *on-chain* mengingat karakteristiknya yang relatif sederhana dan jumlahnya yang terbatas, sehingga tidak banyak berpengaruh terhadap skalabilitas dari jaringan *blockchain* yang digunakan. Adapun informasi jadwal dan dokter yang disimpan secara *onchain* antara lain adalah nama dokter, nomor registrasi dokter, jadwal praktik (hari dan jam), serta lokasi praktik (nomor ruangan).

Dalam skenario pendaftaran rawat jalan, *staff* pendaftaran klinik atau rumah sakit akan melakukan pencarian data pasien di dalam jaringan *blockchain* berdasarkan nomor NIK. Apabila data pasien tidak ditemukan, maka *staff* pendaftaran akan melakukan proses pendaftaran pasien terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke proses pendaftaran

rawat jalan. Apabila data pasien telah berhasil ditemukan, berikutnya *staff* pendaftaran akan mendaftarkan pasien tersebut sesuai dengan jadwal dokter yang tersedia untuk kemudian mendapatkan nomor antrian.

Pada tahap ini seluruh informasi pendaftaran rawat jalan (nomor rekam medis, jadwal, dan nomor antrian) disimpan secara *onchain* dengan menggunakan nomor rekam medis sebagai *index* untuk memudahkan saat melakukan proses pencarian ke depannya.



Gambar 9. Alur Pendaftaran Rawat Jalan

3.8 Pengujian

Tahapan pengujian pada penelitian ini difokuskan untuk menganalisis performa *smart contract* melalui perhitungan konsumsi *gas fee* pada beberapa fungsi utama sistem, yaitu fungsi penyimpanan data pasien (*methodId* 0x09f36fcf), pencarian data pasien, dan pendaftaran rawat jalan (*methodId* 0x114db1fd). Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan data transaksi yang terekam pada jaringan *blockchain*, yang diperoleh melalui *block explorer*.

Tabel 1. Transaksi Simpan Data Pasien

<i>TimeStamp</i>	<i>MethodId</i>	<i>GasUsed</i>	<i>GasPrice</i>
1754460830	0x09f36fcf	387.702	1.000.054
1754454762	0x09f36fcf	387.702	1.000.054
1754454312	0x09f36fcf	387.690	1.000.052
1750167742	0x09f36fcf	387.702	1.000.158
1750079030	0x09f36fcf	387.702	1.000.119
1750078596	0x09f36fcf	346.949	1.000.114
Rata-rata		380.907	1.000.091

Berdasarkan data transaksi *smart contract* registrasi pasien yang terlihat di Tabel 1, fungsi simpan data pasien memiliki konsistensi *gas used* dengan angka rata-rata 380.907 unit.

Apabila nilai tersebut dikalikan dengan nilai rata-rata *gas price* 1.000.091 gwei / gas, dapat disimpulkan bahwa rata-rata biaya transaksi penyimpanan data pasien adalah sekitar 380×10^9 gwei.

Tabel 2. Transaksi Daftar Rawat Jalan

<i>TimeStamp</i>	<i>MethodId</i>	<i>GasUsed</i>	<i>GasPrice</i>
1754464140	0x114db1fd	50.604	1.000.055
1754463960	0x114db1fd	50.604	1.000.053
1754463890	0x114db1fd	50.604	1.000.052
1754463774	0x114db1fd	68.552	1.000.057
1750246576	0x114db1fd	45.672	1.002.777
1750055836	0x114db1fd	43.207	1.000.063
Rata-rata		51.540	1.000.509

Selain itu, berdasarkan data transaksi pendaftaran rawat jalan yang terlihat pada Tabel 2, fungsi pendaftaran rawat jalan juga memiliki konsistensi penggunaan *gas fee* yang relatif stabil di angka rata-rata 51.540 unit. Apabila nilai tersebut dikalikan dengan nilai rata-rata *gas price* yang berada di angka 1.000.509 gwei, maka rata-rata biaya pendaftaran rawat jalan adalah sekitar 51×10^9 gwei.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap kedua fungsi utama dalam sistem, yaitu simpan data pasien dan pendaftaran rawat jalan, ditemukan adanya perbedaan signifikan dalam konsumsi *gas used* yang mencerminkan kompleksitas proses yang dijalankan oleh masing-masing fungsi. Fungsi simpan data pasien menunjukkan rata-rata *gas used* sebesar 380.907 unit, jauh lebih tinggi dibandingkan fungsi pendaftaran rawat jalan yang hanya memerlukan rata-rata 51.540 unit. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa proses penyimpanan data pasien melibatkan jumlah dan struktur data yang lebih kompleks serta lebih banyak instruksi penyimpanan *on-chain*, sehingga secara langsung berdampak pada peningkatan biaya eksekusi transaksi. Temuan ini sekaligus menjadi kontribusi penelitian dalam merancang sistem penyimpanan data pasien berbasis *blockchain* dengan menerapkan strategi *hybrid off-chain/on-chain*, yang mampu menyeimbangkan aspek keamanan, efisiensi biaya, dan skalabilitas sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Finnegan and N. Mountford, "25 Years of Electronic Health Record Implementation Processes: Scoping Review", *Journal of Medical Internet Research*, vol. 27, 2025, doi: 10.2196/60077.
- [2] J. L. Watterson, H. P. Rodriguez, A. Aguilera, and S. M. Shortell, "Ease of use of electronic health records and relational coordination among primary care team members", *Health Care Manage. Rev.*, vol. 45, no. 3, pp. 267–275, 2020.

- [3] A. Jyoti and R. K. Chauhan, "Blockchain revolution: How the technology changing business", *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, vol. 8, no. 1.6 Secial Issue, pp. 14–20, 2019, doi: 10.30534/ijatcse/2019/0381.62019.
- [4] F. N. Colakoglu, A. Yazici, and A. Mishra, "Software Product Quality Metrics: A Systematic Mapping Study", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 44647–44670, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3054730.
- [5] E. Y. Daraghmi, Y. A. Daraghmi, and S. M. Yuan, "MedChain: A Design of Blockchain-Based System for Medical Records Access and Permissions Management", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 164595–164613, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2952942.
- [6] R. Akkaoui, X. Hei, and W. Cheng, "EdgeMediChain: A Hybrid Edge Blockchain-Based Framework for Health Data Exchange", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 113467–113486, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3003575.
- [7] M. Madine, K. Salah, R. Jayaraman, Y. Al-Hammadi, J. Arshad, and I. Yaqoob, "appXchain: Application-Level Interoperability for Blockchain Networks", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 87777–87791, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3089603.
- [8] P. Dudezyk, J. K. Dunston, and G. v Crosby, "Blockchain Technology for Global Supply Chain Management: A Survey of Applications, Challenges, Opportunities and Implications", *IEEE Access*, vol. 12, pp. 70065–70088, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3399759.
- [9] Y. Xiao, N. Zhang, W. Lou, and Y. T. Hou, "A Survey of Distributed Consensus Protocols for Blockchain Networks", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 2, pp. 1432–1465, 2020.
- [10] T. Nododile and C. Nyirenda, "A Hybrid Blockchain-IPFS Solution for Secure and Scalable Data Collection and Storage for Smart Water Meters", *arXiv [cs.CR]*, 2025.
- [11] A. A. Alhussayen, K. Jambi, M. Khemakhem, and F. E. Eassa, "A Blockchain Oracle Interoperability Technique for Permissioned Blockchain," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 68130–68148, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3400672.
- [12] J. Polge, J. Robert, and Y. Le Traon, "Permissioned blockchain frameworks in the industry: A comparison", *ICT Express*, vol. 7, no. 2, pp. 229–233, 2021.
- [13] X. Chen, S. He, L. Sun, Y. Zheng, and C. Q. Wu, "A Survey of Consortium Blockchain and Its Applications", *Cryptography*, vol. 8, no. 2, 2024.
- [14] W. Wang et al., "A Survey on Consensus Mechanisms and Mining Strategy Management in Blockchain Networks", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 22328–22370, 2019.
- [15] M. Muneeb, Z. Raza, I. U. Haq, and O. Shafiq, "SmartCon: A Blockchain-Based Framework for Smart Contracts and Transaction Management," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 23687–23699, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3135562.
- [16] E. A. Jaya, M. Z. C. Candra, and T. D. Ferindra, "Development of Blockchain-Based Traceability System for Fishery Products", in *Proceedings of 2021 International Conference on Data and Software Engineering: Data and Software Engineering for Supporting Sustainable Development Goals, ICoDSE 2021*, 2021.
- [17] J. Sun, S. Huang, C. Zheng, T. Wang, C. Zong, and Z. Hui, "Mutation testing for integer overflow in ethereum smart contracts", *Tsinghua Science and Technology*, vol. 27, no. 1, pp. 27–40, 2022, doi: 10.26599/TST.2020.9010036.
- [18] L. Li, D. Jin, T. Zhang, and N. Li, "A Secure, Reliable and Low-Cost Distributed Storage Scheme Based on Blockchain and IPFS for Firefighting IoT Data", *IEEE Access*, vol. 11, pp. 97318–97330, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3311712.
- [19] N. A. Ugochukwu, S. B. Goyal, A. S. Rajawat, C. Verma, and Z. Illés, "Enhancing Logistics With the Internet of Things: A Secured and Efficient Distribution and Storage Model Utilizing Blockchain Innovations and Interplanetary File System", *IEEE Access*, vol. 12, pp. 4139–4152, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3339754.



RANCANG BANGUN APLIKASI WEB KALKULATOR KALORI BERBASIS DATASET USDA UNTUK PEMANTAUAN NUTRISI HARIAN

Ni Putu Dita Ariani Sukma Dewi¹, Jiyestha Aji Dharma Aryasa², Sulin Monica Putri³

^{1,2,3} Sistem dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi dan Kesehatan Bali
 Denpasar, Bali, Indonesia 80227

ditaariani@itekes-bali.ac.id, jiyesthaaji@itekes-bali.ac.id, sulinmonica17@gmail.com

Abstract

This study aims to design and build a calorie calculator web application based on the Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS) dataset from the United States Department of Agriculture (USDA) as a tool for daily nutrition monitoring. The research method uses the Waterfall system development model, which includes needs analysis, system design, implementation, testing, and evaluation. The application is built in Python using the Flask framework and utilizes the Pandas library for nutrition data processing. The system is tested using black-box testing across all key features, including food search, category selection, and nutritional content calculation. The test results showed that all system functions ran with a 100% success rate in the functional test scenario and in the calorie, protein, fat, and carbohydrate calculations, according to USDA reference data. The average system response time is less than 1 second per request, indicating efficient application performance. The novelty of this study lies in integrating the scientifically standardized USDA dataset into a lightweight Python Flask-based web application specifically designed for the educational and daily nutrition-monitoring needs of users in Indonesia, with a weight-based approach to proportional nutrition calculation. This application is expected to become a web-based nutrition education medium that is easily accessible and further developed.

Keywords: Daily Nutrition, Health Technology, Nutrition Calculator, USDA, Website

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi web kalkulator kalori berbasis dataset *Food and Nutrient Database for Dietary Studies* (FNDDS) dari *United States Department of Agriculture* (USDA) sebagai alat bantu pemantauan nutrisi harian. Metode penelitian menggunakan model pengembangan sistem *Waterfall* yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, serta evaluasi. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Flask dan memanfaatkan pustaka Pandas untuk pengolahan data nutrisi. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *blackbox testing* terhadap seluruh fitur utama, termasuk pencarian makanan, pemilihan kategori, dan perhitungan kandungan gizi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan tingkat keberhasilan 100% pada skenario uji fungsional, serta hasil perhitungan kalori, protein, lemak, dan karbohidrat sesuai dengan data referensi USDA. Waktu respons sistem rata-rata kurang dari 1 detik per permintaan, menunjukkan kinerja aplikasi yang efisien. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi dataset USDA yang terstandar secara ilmiah ke dalam aplikasi web ringan berbasis Python-Flask yang dirancang khusus untuk kebutuhan edukasi dan pemantauan nutrisi harian pengguna di Indonesia, dengan pendekatan perhitungan gizi proporsional berbasis berat makanan. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi media edukasi gizi berbasis web yang mudah diakses dan dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci: Kalkulator Gizi, Nutrisi Harian, Teknologi Kesehatan, USDA, Website

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah membawa transformasi besar dalam pemantauan dan pengelolaan kesehatan pribadi, termasuk dalam aspek nutrisi [1]. Aplikasi kesehatan digital (*mobile health* atau *mHealth*) kini banyak digunakan untuk membantu individu melacak asupan makanan dan mengelola pola makan sehari-hari [2].

Namun, sebagian besar aplikasi yang ada belum sepenuhnya memenuhi standar kualitas dan fungsionalitas yang dibutuhkan pengguna. Studi oleh [3] terhadap 80 aplikasi pelacakan konsumsi makanan menunjukkan bahwa mayoritas aplikasi tersebut belum memenuhi persyaratan keseluruhan untuk pelacakan dan rekomendasi nutrisi, serta masih minim fitur berbasis kecerdasan buatan yang dapat

meningkatkan pengalaman pengguna. Selain itu, di Indonesia, berbagai tinjauan strategis menunjukkan bahwa pengelolaan nutrisi merupakan aspek krusial bagi pembangunan sumber daya manusia karena masih tingginya prevalensi masalah gizi seperti *stunting* dan kurangnya asupan sayur-buah yang mencukupi [4]. Digitalisasi dan literasi gizi juga mulai diidentifikasi sebagai faktor penting untuk meningkatkan efektivitas intervensi nutrisi di sekolah dan komunitas [5]. Dengan demikian, integrasi aplikasi mHealth di bidang nutrisi bukan hanya soal pelacakan konsumsi pribadi tetapi juga menjadi bagian dari strategi nasional untuk meningkatkan keterjangkauan dan kualitas layanan gizi di berbagai wilayah di Indonesia [6] [7].

Salah satu sumber data yang dapat diandalkan dalam pengembangan aplikasi kalkulator gizi adalah *Food and Nutrient Database for Dietary Studies* (FNDDS) yang disediakan oleh *United States Department of Agriculture* (USDA). FNDDS menyediakan informasi rinci mengenai deskripsi makanan, porsi, berat, dan profil nutrisi, sehingga sangat bermanfaat dalam analisis asupan makanan dan perencanaan diet. *Database* ini telah digunakan secara luas dalam survei diet nasional dan penelitian nutrisi di Amerika Serikat [8]. Dengan memanfaatkan *database* tersebut, aplikasi kalkulator gizi dapat memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat dan terstandar secara ilmiah.

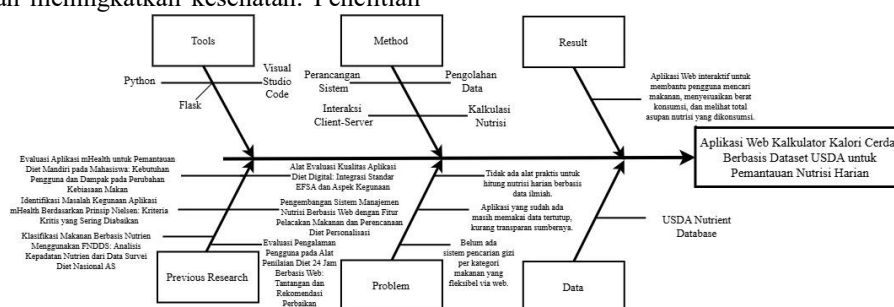
Dalam konteks pengembangan aplikasi berbasis web, aspek desain dan evaluasi kegunaan (*usability*) memegang peranan penting untuk memastikan aplikasi dapat digunakan secara efektif oleh berbagai kelompok pengguna [9]. Penelitian oleh [10] menunjukkan bahwa aplikasi manajemen nutrisi berbasis *smartphone* untuk pasien diabetes tipe II yang dirancang dengan melibatkan ahli dan pengguna akhir memperoleh penilaian kegunaan yang tinggi dari pasien, dokter, dan pakar IT. Temuan tersebut menegaskan pentingnya pendekatan partisipatif dalam perancangan aplikasi kesehatan digital agar sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi pengguna.

Sejumlah penelitian sebelumnya juga menyoroti aspek penting dalam pengembangan aplikasi kalkulator gizi berbasis web seperti penelitian oleh [2] yang mengevaluasi aplikasi mHealth untuk pemantauan diet mandiri di kalangan mahasiswa dan menekankan bahwa persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan sangat memengaruhi efektivitas aplikasi dalam mengubah kebiasaan makan dan meningkatkan kesehatan. Penelitian

oleh [11] mengidentifikasi serta mengategorikan masalah kegunaan dalam aplikasi mHealth dengan memetakan isu-isu tersebut ke dalam prinsip kegunaan Nielsen, guna menentukan kriteria kritis yang sering diabaikan dalam desain aplikasi kesehatan digital.

Sementara itu, penelitian oleh [12] mengembangkan metode klasifikasi makanan berbasis nutrisi menggunakan *database* FNDDS untuk membedakan makanan berdasarkan kepadatan nutrisi, dan hasilnya menunjukkan potensi besar dalam analisis diet nasional. Penelitian oleh [13] menilai kualitas ilmiah dan aspek kegunaan aplikasi diet digital menggunakan pedoman *European Food Safety Authority* (EFSA), yang menekankan pentingnya validitas ilmiah dalam penyajian data nutrisi. Penelitian oleh [14] turut mengembangkan sistem manajemen nutrisi berbasis web yang memungkinkan pengguna melacak kalori, menganalisis nutrisi, dan membuat rencana makan yang disesuaikan dengan tujuan kebugaran. Selain itu, penelitian oleh [15] menilai pengalaman pengguna dari alat penilaian diet berbasis web 24 jam dan menemukan sejumlah tantangan dalam pengumpulan data diet yang akurat serta dalam peningkatan kualitas interaksi pengguna.

Berdasarkan kajian pustaka dan beberapa artikel terkait di atas, telah diperoleh wawasan yang mendalam mengenai pentingnya pengembangan aplikasi kalkulator gizi berbasis web yang mengutamakan akurasi data nutrisi dan kemudahan penggunaan. Keenam studi literatur tersebut menyoroti berbagai aspek penting dalam pengembangan aplikasi kesehatan digital, seperti penggunaan *database* nutrisi yang kredibel (seperti USDA FNDDS), pendekatan partisipatif dalam desain, serta evaluasi kegunaan untuk memastikan aplikasi dapat diterima dan digunakan secara efektif oleh pengguna. Selain itu, temuan-temuan dari studi tersebut juga memperkuat urgensi akan kualitas ilmiah dan fungsionalitas dalam aplikasi diet, termasuk fitur-fitur pelacakan makanan, perencanaan diet, dan penyampaian informasi gizi secara interaktif. Semua temuan ini mendukung pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian pengembangan aplikasi kalkulator gizi harian berbasis web, yang diharapkan mampu menjadi alat bantu yang akurat, mudah diakses, dan edukatif dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya gizi seimbang. Berikut pada Gambar 1 merupakan *road map* dari penelitian yang akan dilakukan.

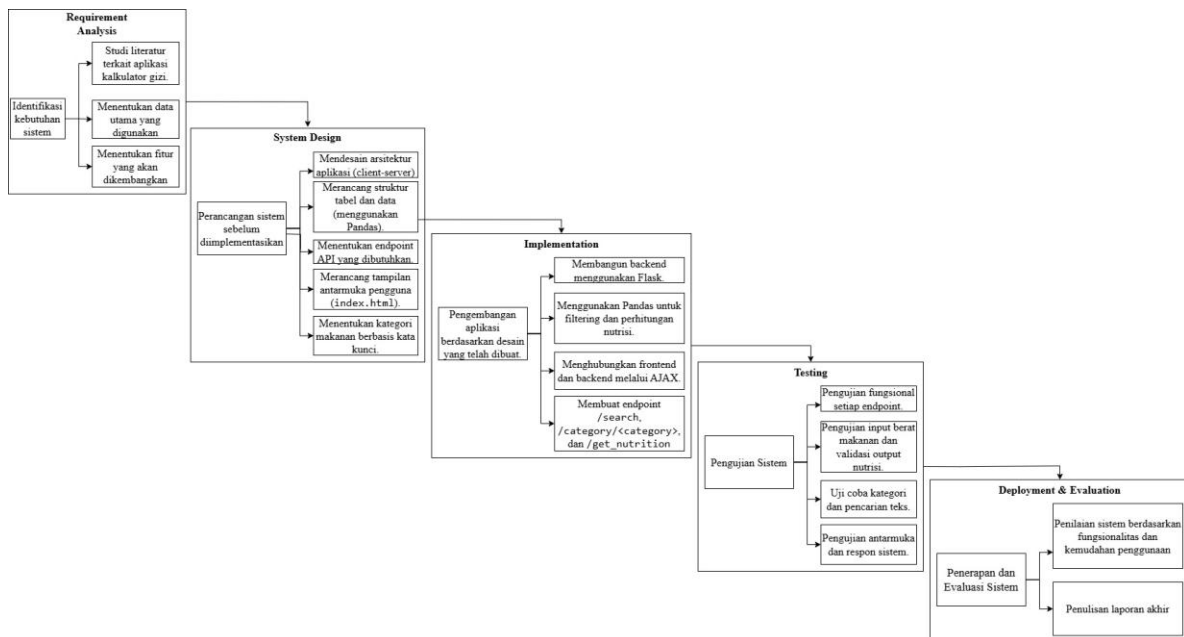


Gambar 1. Road Map Penelitian

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pengembangan sistem berbasis web menggunakan metode pengembangan sistem *Waterfall*, yang juga

merupakan bagian dari model SDLC (*System Development Life Cycle*) [16] serta pemrosesan *dataset* USDA. Adapun pada Gambar 2 merupakan alur penelitian yang dilakukan melalui tahapan-tahapan secara sistematis.



Gambar 2. Metode Pengembangan Sistem *Waterfall*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh tahapan penelitian telah dilaksanakan sesuai dengan rancangan metodologi, yang meliputi studi literatur, analisis kebutuhan (*requirement analysis*), perancangan sistem (*system design*), implementasi prototipe (*implementation*), pengujian sistem (*testing*), serta penerapan dan evaluasi sistem (*deployment and evaluation*). Berikut merupakan hasil dan pembahasan dari masing-masing tahapan tersebut.

3.1 Studi Literatur Data dan Metode Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian pendahuluan, sumber data utama dalam pengembangan aplikasi kalkulator gizi ini adalah *Food and Nutrient Database for Dietary Studies* (FNDDS) yang disediakan oleh *United States Department of Agriculture* (USDA). FNDDS menyediakan informasi rinci tentang deskripsi makanan, porsi, berat, dan profil nutrisi, yang sangat berguna dalam analisis asupan makanan dan perencanaan diet. *Database* ini telah digunakan secara luas dalam survei diet nasional dan penelitian nutrisi di Amerika Serikat [8]. Penelitian oleh [10] menunjukkan bahwa aplikasi manajemen nutrisi berbasis *smartphone* untuk pasien diabetes tipe II yang dirancang dengan mempertimbangkan masukan dari ahli dan pengguna akhir mendapatkan penilaian kegunaan yang baik dari pasien, ahli IT, dan dokter. Hal ini menekankan pentingnya pendekatan partisipatif dalam pengembangan aplikasi kesehatan digital. Penelitian oleh [2] mengevaluasi aplikasi mHealth yang digunakan oleh mahasiswa untuk pemantauan diet mandiri. Studi ini menyoroti pentingnya kebutuhan pengguna dan persepsi terhadap aplikasi

tersebut, serta bagaimana aspek kegunaan dapat mempengaruhi perubahan kebiasaan makan dan peningkatan kesehatan secara keseluruhan. Penelitian oleh [11] mengidentifikasi dan mengategorikan masalah kegunaan pada aplikasi mHealth, dengan memetakan isu-isu tersebut ke dalam prinsip kegunaan Nielsen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kriteria paling kritis yang sering diabaikan, yang dapat menyebabkan masalah dalam penggunaan aplikasi kesehatan digital. Penelitian oleh [12] mengembangkan dan mengevaluasi metode klasifikasi makanan berbasis nutrisi menggunakan *Food and Nutrient Database for Dietary Studies* (FNDDS). Studi ini menilai seberapa baik metode tersebut membedakan makanan berdasarkan kepadatan nutrisi, menggunakan data dari survei diet nasional di Amerika Serikat. Studi oleh [13] menilai kualitas ilmiah dan kegunaan aplikasi diet digital. Penelitian ini mengembangkan alat evaluasi berdasarkan pedoman *European Food Safety Authority* (EFSA), yang dilengkapi dengan aspek kegunaan aplikasi terkait kesehatan, untuk memastikan bahwa aplikasi tersebut memenuhi standar ilmiah dan mudah digunakan oleh pengguna. Penelitian oleh [14] mengembangkan dan mengevaluasi sistem manajemen nutrisi berbasis web. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk melacak dan mengelola asupan nutrisi mereka melalui situs web, dengan fitur seperti pelacakan makanan dan kalori, analisis nutrisi, dan perencanaan waktu makan, serta menawarkan rencana nutrisi yang disesuaikan berdasarkan tujuan kebugaran pengguna. Studi oleh [15] mengevaluasi pengalaman pengguna dan fitur yang diinginkan dari alat penilaian diet berbasis web 24 jam. Penelitian ini bertujuan untuk

meningkatkan pengalaman pengguna dan kualitas data asupan diet yang dikumpulkan, dengan mengidentifikasi tantangan yang dihadapi pengguna saat menggunakan alat tersebut dan memberikan data yang bermakna untuk perbaikan alat.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem informasi berbasis web dapat membantu masyarakat dalam memahami kandungan gizi dari bahan pangan secara cepat dan mudah. Studi mengenai metode *Waterfall* juga menegaskan bahwa pendekatan linear dan terstruktur cocok digunakan dalam penelitian dengan ruang lingkup terbatas, waktu implementasi yang singkat, dan tujuan yang jelas.

Selain itu, beberapa referensi terkait menunjukkan efektivitas pemanfaatan basis data USDA (*United States Department of Agriculture*) yang menyediakan data gizi lengkap dari berbagai jenis makanan dan minuman. Integrasi *database* ini dengan sistem berbasis web terbukti memudahkan pengguna untuk melakukan pencarian informasi nutrisi. Dari sisi teknologi, penggunaan Python (Flask), Pandas, dan JavaScript dinilai sesuai karena mendukung pengolahan data CSV secara cepat dan dapat diintegrasikan dengan antarmuka web yang interaktif.

3.2 Analisa Kebutuhan (*Requirement Analysis*)

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi fitur inti dari sistem kalkulator gizi. Kebutuhan pengguna yang berhasil dihimpun antara lain:

a) Kebutuhan Fungsional

- 1) Sistem dapat menampilkan daftar makanan berdasarkan kategori (daging, sayur, buah, minuman, camilan, nasi, roti, dll).
- 2) Sistem menyediakan fitur pencarian makanan berdasarkan kata kunci.
- 3) Sistem menghitung kandungan gizi (kalori, protein, lemak, karbohidrat) berdasarkan berat makanan (gram) yang dimasukkan pengguna.
- 4) Sistem dapat menampilkan hasil dalam bentuk tabel sederhana dan informatif.

b) Kebutuhan Non-Fungsional

- 1) Sistem berbasis web sehingga dapat diakses melalui *browser* tanpa perlu instalasi khusus.
- 2) Antarmuka sederhana, responsif, dan mudah dipahami.
- 3) Proses perhitungan dilakukan secara cepat (< 1 detik per *query*).
- 4) Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut untuk integrasi dengan basis data tambahan.

Analisis kebutuhan ini memastikan sistem yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian dan

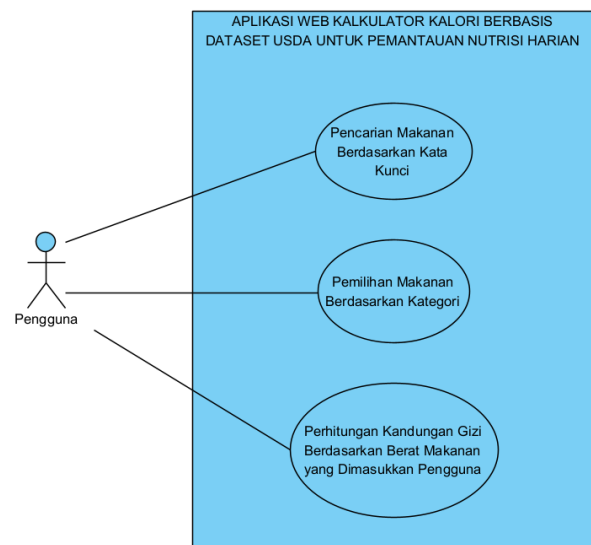
kebutuhan pengguna akhir, khususnya mahasiswa, masyarakat umum, dan praktisi kesehatan.

3.3 Desain Sistem (*System Design*)

Tahap desain dilakukan untuk memberikan gambaran terstruktur mengenai sistem aplikasi web kalkulator kalori yang akan dibangun sebelum memasuki tahap implementasi. Perancangan ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang telah diidentifikasi pada tahap analisis kebutuhan. Pada tahap ini, perancangan sistem difokuskan pada perancangan fungsional, arsitektur sistem, alur proses, struktur data, serta rancangan antarmuka pengguna sebagai artefak teknis utama.

3.3.1 Perancangan Kebutuhan Sistem

Perancangan kebutuhan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi utama yang harus tersedia dalam aplikasi serta interaksi antara pengguna dan sistem. Sistem ini melibatkan satu aktor utama, yaitu pengguna, yang berinteraksi langsung dengan sistem tanpa proses autentikasi. Pemodelan kebutuhan fungsional sistem digambarkan menggunakan *Use Case Diagram* pada Gambar 3 untuk memperlihatkan hubungan antara aktor dan fungsi sistem.



Gambar 3. *Use Case Diagram* Kalkulator Kalori

Berdasarkan hasil analisis, sistem memiliki tiga fungsi utama, yaitu pencarian makanan berdasarkan kata kunci, pemilihan makanan berdasarkan kategori, dan perhitungan kandungan gizi berdasarkan berat makanan yang dimasukkan pengguna. *Use Case Diagram* menunjukkan bahwa seluruh fungsi tersebut dapat diakses langsung oleh pengguna, sehingga sistem dirancang bersifat sederhana dan mudah digunakan.

3.3.2 Perancangan Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang menggunakan pendekatan *client-server* dengan pola arsitektur tiga lapisan (*three-tier architecture*), yang terdiri dari lapisan antarmuka pengguna (*frontend*), lapisan logika aplikasi (*backend*), dan lapisan data. Perancangan arsitektur sistem dijabarkan sebagai berikut

a) Front-End

- 1) Dibangun menggunakan HTML, CSS, dan *JavaScript*.
- 2) Bertugas menampilkan antarmuka pengguna yang interaktif, termasuk *form* pencarian, *input* berat makanan, dan hasil perhitungan gizi.

b) Back-End

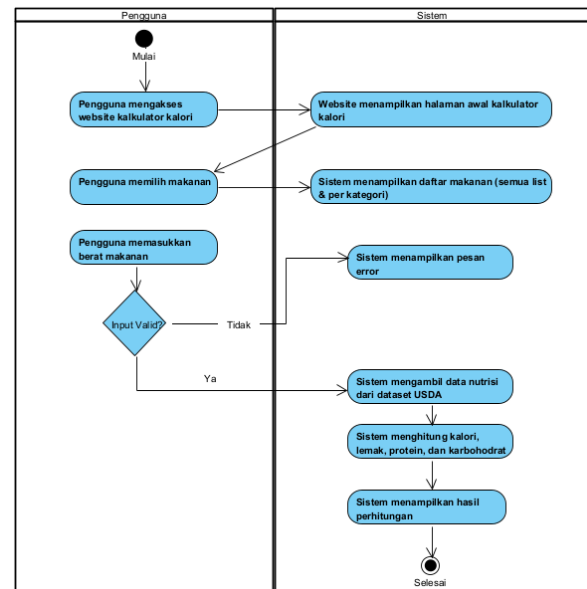
- 1) Menggunakan *framework* Flask (Python) sebagai *server-side logic*.
- 2) Menangani permintaan dari pengguna, membaca data gizi dari file CSV, melakukan perhitungan kandungan gizi, lalu mengirim hasilnya ke *front-end*.

c) Database

- 1) Basis data berupa file CSV dari USDA (*ABBREV.csv*).
- 2) *Dataset* ini berisi ribuan entri makanan beserta kandungan gizinya, meliputi kalori, protein, lemak, dan karbohidrat per 100 gram.
- 3) Sistem tidak menggunakan DBMS konvensional (MySQL/PostgreSQL), tetapi memanfaatkan *dataset* CSV yang diproses menggunakan *Pandas*.

3.3.3 Desain Prototipe dan Activity Diagram Alur Proses Sistem

Perancangan alur proses sistem dimodelkan menggunakan *Activity Diagram* untuk menggambarkan tahapan proses perhitungan kandungan gizi secara berurutan. *Activity Diagram* kalkulator kalori dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan untuk rancangan tampilan dari *website* yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Activity Diagram Kalkulator Kalori

Makanan	Berat (g)	Kalori	Protein	Lemak	Karbohidrat
CHEESECHEDDAR	200	808	45.74	66.62	6.18

Gambar 5. Rancangan Tampilan Website

Detail aktivitas yang akan dirancang dapat dijabarkan sebagai berikut.

a) Pengguna Mengakses Halaman Utama

- 1) Pengguna membuka aplikasi melalui browser dan diarahkan ke halaman *index.html*.
- 2) Di halaman ini, pengguna disajikan dengan kolom pencarian makanan dan daftar kategori makanan.

b) Pencarian Makanan Berdasarkan Nama

- 1) Pengguna mengetikkan nama makanan pada kolom pencarian.
- 2) Sistem mengirimkan permintaan (AJAX) ke *endpoint* */search* dengan *query* teks.
- 3) *Backend* Flask menerima permintaan tersebut dan melakukan pencarian pada kolom *Shrt_Desc* di *dataset* *ABBREV.csv*.
- 4) Hasil pencarian (*list* nama makanan) dikirimkan kembali ke *frontend*.

c) Pencarian Berdasarkan Kategori Makanan

- 1) Pengguna memilih kategori makanan dari daftar yang tersedia.
- 2) Sistem mengirim permintaan ke *endpoint* `/category/<category_name>`.
- 3) *Backend* mencocokkan kata kunci terkait kategori (misalnya: “beef”, “chicken” untuk kategori Daging).
- 4) *Backend* memfilter data dan mengembalikan daftar makanan yang cocok.

d) Input Berat dan Perhitungan Nutrisi

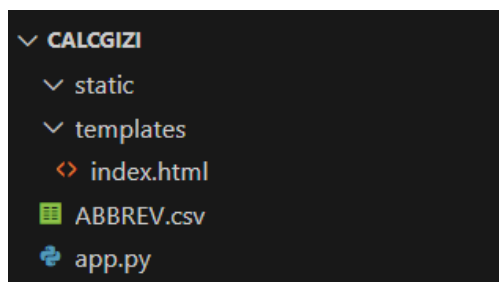
- 1) Setelah memilih makanan, pengguna diminta untuk memasukkan berat makanan (dalam gram).
- 2) Sistem mengirim data nama makanan dan berat ke *endpoint* `/get_nutrition` melalui metode *POST*.
- 3) *Backend* mencari entri makanan tersebut dalam *dataframe*.
- 4) Sistem menghitung: Kalori ($\text{Energ_Kcal} \times \text{berat} / 100$), Protein ($\text{Protein_g} \times \text{berat} / 100$), Lemak ($\text{Lipid_Tot_g} \times \text{berat} / 100$), Karbohidrat ($\text{Carbohydr_g} \times \text{berat} / 100$).
- 5) Hasil perhitungan dikirim kembali dalam format JSON dan ditampilkan ke pengguna.

e) Penanganan Error (Validasi)

- 1) Jika makanan tidak ditemukan pada *dataset*, sistem akan mengembalikan pesan *error*: `{"error": "Food not found"}`.
- 2) Jika *input* berat tidak valid atau kosong, sistem bisa mengatur *default* berat 100g atau menampilkan notifikasi ke pengguna.

3.4 Implementasi Sistem (Implementation)

Implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan *framework* Flask sebagai *backend*. *Dataset* USDA (ABBREV.csv) digunakan sebagai sumber data kandungan gizi dan diproses menggunakan pustaka *Pandas*. Struktur dan implementasi sistem ada pada Gambar 6 dan dijabarkan pembagiannya sebagai berikut.



Gambar 6. Implementasi Sistem

3.4.1 Struktur Aplikasi

- a) *File* `app.py` adalah inti aplikasi yang berisi *routing* untuk:

- 1) Halaman utama (*index*)
- 2) Pencarian makanan
- 3) Kategori makanan
- 4) Perhitungan gizi berdasarkan berat yang dimasukkan pengguna

- b) Folder *templates/*

Menyimpan *file* HTML untuk menampilkan data dari *backend* ke antarmuka web.

- c) Folder *static/*

Berisi *file* CSS dan JavaScript untuk tampilan interaktif.

3.4.2 Integrasi Dataset USDA

Dataset USDA ABBREV.csv diolah dengan *Pandas*. Kolom yang dipilih:

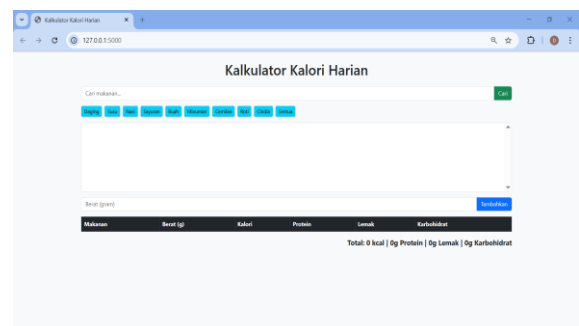
- a) `Shrt_Desc` → nama makanan (dalam bahasa Inggris)
- b) `Energ_Kcal` → energi dalam kalori
- c) `Protein_g` → kandungan protein
- d) `Lipid_Tot_g` → kandungan lemak
- e) `Carbohydr_g` → kandungan karbohidrat

Data ini difilter agar fokus pada empat makronutrien utama yang dibutuhkan pengguna untuk memantau konsumsi harian.

3.4.3 Routing Aplikasi

- a) Halaman Utama (`/`)

Halaman utama pada Gambar 7 menampilkan menu pencarian dan kategori makanan.

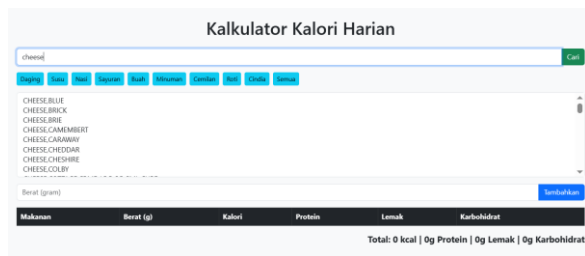


Gambar 7. Halaman Utama Sistem

- b) Pencarian Makanan (`/search`)

Tombol pencarian makanan pada Gambar 8 dapat digunakan untuk mencari nama makanan sesuai kata kunci

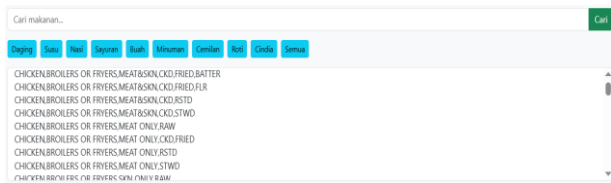
yang dimasukkan pengguna dan hasil pencarian ditampilkan dalam bentuk daftar.



Gambar 8. Pencarian Makanan Sesuai Kata Kunci

c) Kategori Makanan (/category/<category_name>)

Tombol kategori makanan pada Gambar 9 menyediakan pilihan kategori sederhana (misalnya: nasi, roti, sayuran, buah, minuman, daging, camilan), lalu sistem menampilkan daftar makanan sesuai kategori.



Gambar 9. Pencarian Makanan Sesuai Kategori (contoh : Kategori Daging)

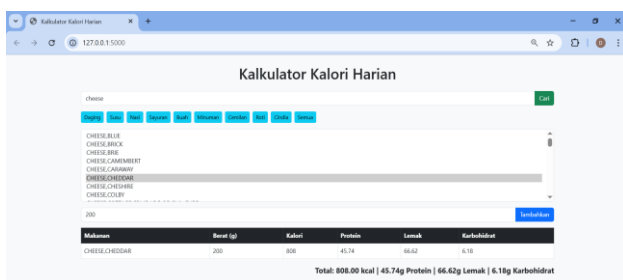
d) Perhitungan Gizi Makanan (/get_nutrition)

Pengguna memilih jenis makanan dan berat dari makanan dalam satuan gram (data nutrisi yang ada pada *dataset* adalah per 100 gram tiap makanan), kemudian sistem mengambil data gizi per 100 gram dari CSV, lalu menghitung ulang sesuai berat *input*. Sebagai contoh pada Gambar 10 dan Gambar 11 di bawah ini.

```
index,NDB_No,Shrt_Desc,Water_(g),Energy_Kcal,Protein_(g),Lipid_Tot_(g),Ash_(g),Carbohydr_
(g),Fiber_TD_(g),Sugar_Tot_(g),Calcium_(mg),Iron_(mg),Magnesium_(mg),Phosphorus_(mg),P
otassium_(mg),Sodium_(mg),Zinc_(mg),Copper_(mg),Manganese_(mg),Selenium_(ug),Vit_C_(m
g),Thiamin_(mg),Riboflavin_(mg),Niacin_(mg),Panto_Acid_(mg),Vit_B6
_(mg),Folate_Tot_(ug),Folic_Acid_(ug),Food_Folate_(ug),Folate_DFE_(ug),Choline_Tot_
(mg),Vit_B12
_(ug),Vit_A_IU,Vit_A_RAE,Retinol_(ug),Alpha_Carot_(ug),Beta_Carot_(ug),Beta_Crypt_(ug),Lyc
opene_(ug),Lutein+Zea_
_(ug),Vit_E_(mg),Vit_D_(ug),Vit_D_IU,Vit_K_(ug),FA_Sat_(g),FA_Mono_(g),FA_Poly_(g),Cholestrol_
(mg),GmWt_1,GmWt_Desc1,GmWt_2,GmWt_Desc2,Refuse_Pct

8,1009,"CHEESE,CHEESEDAAR",37,02,404,22.87,33.31,3.71,3.09,0,0,0,48,710,0,0,14,27,0,455,0,76,0
,653,0,3,64,0,03,0,027,28,5,0,0,0,029,0,428,0,059,0,41,0,066,27,0,0,0,27,0,16,5,1,1,1242,0,3
30,0,330,0,0,85,0,0,0,0,0,0,0,71,0,6,24,0,2,4,18,867,9,246,1,421,99,0,132,0,"1 cup,
diced",244,0,"1 cup, melted",0,0
```

Gambar 10. Contoh Perhitungan Gizi Makanan per 100g pada *Dataset* USDA



Gambar 11. Perhitungan Gizi Makanan pada *Website* Kalkulator Gizi

Cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 1) Kalori = $\text{Energi_Kcal} \times \text{berat} / 100 = 404 \times 200 / 100 = 808 \text{ kcal}$
- 2) Protein = $\text{Protein_g} \times \text{berat} / 100 = 22.87 \times 200 / 100 = 45.7 \text{ g}$
- 3) Lemak = $\text{Lipid_Tot_g} \times \text{berat} / 100 = 33.31 \times 200 / 100 = 66.62 \text{ g}$
- 4) Karbohidrat = $\text{Carbohydr_g} \times \text{berat} / 100 = 3.09 \times 200 / 100 = 6.18 \text{ g}$

3.5 Pengujian Sistem (Testing), Penerapan dan Evaluasi Sistem (Deployment & Evaluation)

Pengujian dilakukan menggunakan metode *black-box testing* dengan skenario berikut:

- a) Uji Pencarian Makanan: pengguna memasukkan kata kunci, sistem berhasil menampilkan daftar makanan sesuai *input*.
- b) Uji Kategori: sistem menampilkan daftar makanan sesuai kategori yang dipilih.
- c) Uji Perhitungan Gizi: sistem menghitung kandungan gizi berdasarkan *input* berat makanan. *Input*: "makanan", berat 200 gram → *Output* kalori, protein, lemak, karbohidrat sesuai proporsi.
- d) Uji Antarmuka: memastikan tampilan halaman responsif dan mudah dipahami.

Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan sesuai dengan kebutuhan.

Selanjutnya, tahap penerapan dilakukan setelah seluruh proses perancangan dan pengujian sistem kalkulator gizi berbasis web selesai dilaksanakan. Sistem ini dijalankan menggunakan *framework* Flask dengan bahasa pemrograman Python, dan diimplementasikan secara lokal melalui perintah sederhana python app.py. Setelah *server* aktif, aplikasi dapat diakses melalui *browser* menggunakan alamat lokal sehingga pengguna dapat mencoba seluruh fungsinya tanpa perlu instalasi tambahan.

Proses penerapan difokuskan pada pengujian fungsional utama, yaitu kemampuan sistem untuk menampilkan daftar makanan berdasarkan kategori, melakukan pencarian makanan tertentu, menghitung kandungan gizi berdasarkan berat makanan yang dimasukkan, serta menampilkan hasilnya dalam bentuk tabel sederhana yang mudah dibaca. Seluruh fungsi tersebut dapat dijalankan dengan baik pada browser seperti Google Chrome.

Dari hasil evaluasi, sistem menunjukkan kinerja yang stabil dan responsif. Setiap permintaan pengguna, baik pencarian makanan maupun perhitungan gizi, dapat diproses dengan sangat cepat, rata-rata kurang dari satu detik. Perhitungan kalori, protein, lemak, dan karbohidrat telah diverifikasi

dengan perhitungan manual berdasarkan data USDA dan menunjukkan hasil yang akurat. Antarmuka sistem juga dinilai cukup sederhana dan mudah dipahami, sehingga pengguna dapat langsung mengetahui cara memasukkan nama makanan dan berat yang ingin dihitung tanpa perlu panduan khusus. Berikut pada Tabel 1 di bawah merupakan evaluasi kesesuaian fungsionalitas sistem dengan analisis kebutuhan.

Tabel 1. Evaluasi Kesesuaian Fungsionalitas dengan Analisis Kebutuhan

No	Fitur	Status Implementasi	Keterangan
1	Pencarian makanan berdasarkan nama	Berfungsi	Hasil ditampilkan melalui fitur <i>autocomplete</i>
2	Kategori makanan	Berfungsi	Menampilkan daftar sesuai kategori
3	Perhitungan nutrisi otomatis	Berfungsi	Perhitungan proporsional per 100g
4	Tampilan hasil sederhana dan responsif	Berfungsi	Tampilan tabel mudah dibaca

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun aplikasi web kalkulator gizi berbasis *dataset Food and Nutrient Database for Dietary Studies* (FNDDS) dari USDA untuk pemantauan nutrisi harian. Berdasarkan hasil pengujian fungsional menggunakan metode *black-box testing*, seluruh fitur utama sistem meliputi pencarian makanan, pemilihan kategori, *input* berat makanan, serta perhitungan kandungan kalori dan zat gizi makro berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan, dengan tingkat keberhasilan pengujian mencapai 100%.

Hasil perhitungan nutrisi yang ditampilkan oleh sistem telah diverifikasi melalui perbandingan langsung dengan data referensi USDA dan menunjukkan kesesuaian nilai tanpa selisih perhitungan. Dari sisi kinerja, sistem menunjukkan respons yang cepat selama proses pencarian dan perhitungan nutrisi berdasarkan pengamatan selama pengujian. Selain itu, berdasarkan penggunaan awal sistem, antarmuka aplikasi dinilai mudah dipahami dan alur penggunaan bersifat sederhana, sehingga mendukung pemanfaatan aplikasi sebagai media edukasi gizi berbasis web. Evaluasi *usability* dalam penelitian ini masih bersifat awal dan terbatas, sehingga pengujian *usability* secara formal dapat menjadi arah pengembangan pada penelitian selanjutnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)

Institut Teknologi dan Kesehatan Bali atas dukungan pendanaan melalui program penelitian dosen pemula. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim pengembang dan rekan sejawat yang telah memberikan kontribusi dalam proses pengumpulan data, pengujian sistem, serta penyusunan artikel ini. Apresiasi juga diberikan kepada pihak *United States Department of Agriculture* (USDA) atas penyediaan *dataset* FNDDS yang menjadi dasar pengembangan aplikasi kalkulator gizi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. R. Sempionatto, V. R.-V. Montiel, E. Vargas, H. Teymourian, and J. Wang, "Wearable and Mobile Sensors for Personalized Nutrition," *ACS Sens.*, vol. 6, no. 5, pp. 1745–1760, May 2021, doi: 10.1021/acssensors.1c00553.
- [2] C. Slazus, Z. Ebrahim, and N. Koen, "Mobile health apps: An assessment of needs, perceptions, usability, and efficacy in changing dietary choices," *Nutrition*, vol. 101, p. 111690, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.nut.2022.111690.
- [3] S. Samad *et al.*, "Smartphone Apps for Tracking Food Consumption and Recommendations: Evaluating Artificial Intelligence-based Functionalities, Features and Quality of Current Apps," *arXiv.org*, Aug. 2022, Accessed: Jun. 04, 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2208.02490v1>
- [4] R. Amalia, F. R. Siregar, M. F. Alfian, and L. P. Arie Sandy, "Regulations on nutrition in Indonesia and its relation to early childhood caries," *Front. Public Health*, vol. 10, Sep. 2022, doi: 10.3389/fpubh.2022.984668.
- [5] L. Widajanti, D. Sutingsih, P. N. Faizah, A. Muftih, N. N. Sholihah, and N. O. Chumair, "Digital Literacy in Nutrition and Epidemiology: A Study of Madrasah Ibtidaiyah Students in Semarang Regency," *Indonesian Journal of Human Nutrition*, vol. 11, no. 2, pp. 162–173, 2024, doi: 10.21776/ub.ijhn.2024.011.02.5.
- [6] A. P. Sunjaya, "Potensi, Aplikasi dan Perkembangan Digital Health di Indonesia," *Journal Of The Indonesian Medical Association*, vol. 69, no. 4, pp. 167–169, Oct. 2019, doi: 10.47830/jinma-vol.69.4-2019-63.
- [7] World Food Programme, "Strategic Review of Food Security and Nutrition in Indonesia: 2019–2020 Update," World Food Programme, 2020. [Online]. Available: <https://www.wfp.org/publications/strategic-review-food-security-and-nutrition-indonesia-2019-2020-update>. [Accessed: Nov. 16, 2025].

- [8] D. G. Rhodes, S. Morton, R. Myrowitz, and A. J. Moshfegh, "Food and Nutrient Database for Dietary Studies 2019–2020: An application database for national dietary surveillance," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 123, p. 105547, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.jfca.2023.105547.
- [9] Y. S. Purbo, F. S. Utomo, and Y. Purwati, "Analisis dan Perancangan Antarmuka Aplikasi Wisata Menggunakan Metode User Centered Design (UCD)," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 9, no. 2, pp. 123–132, Dec. 2023, doi: 10.54914/jtt.v9i2.977.
- [10] E. Nabovati, F. Rangraz Jeddi, S. M. Tabatabaeizadeh, R. Hamidi, and R. Sharif, "Design, development, and usability evaluation of a smartphone-based application for nutrition management in patients with type II diabetes," *J Diabetes Metab Disord*, vol. 22, no. 1, pp. 315–323, Oct. 2022, doi: 10.1007/s40200-022-01140-x.
- [11] Z. Galavi, M. Montazeri, and R. Khajouei, "Which criteria are important in usability evaluation of mHealth applications: an umbrella review," *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 24, no. 1, p. 365, Nov. 2024, doi: 10.1186/s12911-024-02738-2.
- [12] A. J. C. Doig, L. M. Lipsky, A. Choe, and T. R. Nansel, "Development and evaluation of a nutrient-based method of classifying moderation foods," *medRxiv*, p. 2025.03.20.25324317, May 2025, doi: 10.1101/2025.03.20.25324317.
- [13] V. Böse, M. Frenser, M. Schumacher, and T. Fischer, "Evaluation of the Scientific Quality and Usability of Digital Dietary Assessment Tools," *Dietetics*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2024, doi: 10.3390/dietetics3020013.
- [14] M. Jayasudhan, S. Silbile Mathew, S. Wilfred Roy, and S. Mangalapriya, "Web Based Nutrition Management System," *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 2487–2491., Feb. 2023, doi: 10.5281/zenodo.7681091.
- [15] B. Follong, C. Haliburton, S. Mackay, M. Maiquez, J. Grey, and C. N. Mhurchu, "Evaluating User Experiences and Preferred Features of a Web-Based 24-Hour Dietary Assessment Tool: Usability Study," *JMIR Formative Research*, vol. 8, no. 1, p. e63823, Oct. 2024, doi: 10.2196/63823.
- [16] I. Tulkhoiriyah, S. D. Kurniawan, and D. Darmanto, "Development of a Regional Development Information System Based on a Website Using the Waterfall Method," *Applied Information Technology and Computer Science (AICOMS)*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2024, doi: 10.58466/aicoms.v3i1.1330.



KEAMANAN DATA DENGAN ALGORITMA AES 128-BIT DAN BCRIPT DI PT. ANUGRAH LANCAR SUKSES

Rohadi Dwi Junianto¹, Yuni Wibawanti², Muhammad Akrom³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI

Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia 12530

rohadii861@gmail.com, yuniwib206@gmail.com, akromcenos@gmail.com

Abstract

This study aims to design and implement a data security system based on the 128-bit Advanced Encryption Standard (AES) algorithm integrated with BCrypt authentication at PT. Anugrah Lancar Sukses. The research is motivated by the company's practice of distributing internal documents without encryption, which increases the risk of data leakage and misuse. The system was developed using the Waterfall method, comprising requirements analysis, system design, implementation, and testing. The application was implemented as a desktop-based system featuring file encryption and decryption, user authentication, and role-based access control. System evaluation was conducted using Black-Box testing and cryptographic algorithm testing. The results indicate that all core system features functioned correctly with a 100% success rate. AES 128-bit encryption and decryption processes were completed efficiently, with an average processing time of less than one second for various file types, while maintaining data integrity after decryption. In addition, the BCrypt algorithm successfully secured user credentials by generating unique password hashes. These results demonstrate that the proposed system is effective in strengthening internal data protection and supporting information security practices within the organization.

Keywords: AES 128-bit, BCrypt, Cryptography, Data Security, PT. Anugrah Lancar Sukses

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan data berbasis algoritma *Advanced Encryption Standard* (AES) 128-bit yang dilengkapi autentikasi BCrypt di PT. Anugrah Lancar Sukses. Latar belakang penelitian ini adalah masih digunakannya distribusi dokumen internal tanpa mekanisme enkripsi, sehingga berisiko terhadap kebocoran dan penyalahgunaan data. Sistem dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian. Aplikasi dibangun sebagai aplikasi *desktop* dengan fitur utama enkripsi dan dekripsi *file*, autentikasi pengguna, serta pengelolaan hak akses berbasis peran. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box* dan pengujian algoritma kriptografi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan sesuai fungsi dengan tingkat keberhasilan 100%. Proses enkripsi dan dekripsi *file* menggunakan AES 128-bit berhasil dilakukan dengan waktu proses rata-rata kurang dari 1 detik untuk berbagai jenis *file*, serta *file* dapat dikembalikan ke bentuk semula tanpa perubahan isi. Algoritma BCrypt berhasil mengamankan data autentikasi dengan menghasilkan *hash* unik pada setiap proses penyimpanan kata sandi. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan dinilai efektif dalam meningkatkan perlindungan data internal perusahaan serta mendukung penerapan keamanan informasi di lingkungan kerja.

Kata kunci: AES 128-bit, BCrypt, Keamanan Data, Kriptografi, PT. Anugrah Lancar Sukses

1. PENDAHULUAN

Di tengah akselerasi transformasi digital, data telah menjadi aset strategis yang sangat bernilai namun juga rentan terhadap ancaman keamanan. Laporan IBM Security tahun 2025 mencatat bahwa setiap insiden kebocoran data dapat menyebabkan kerugian rata-rata sebesar 4,4 juta dolar [1], menegaskan urgensi penerapan sistem keamanan informasi yang andal, termasuk di perusahaan nasional seperti PT. Anugrah Lancar Sukses. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif dalam menjaga kerahasiaan data digital

adalah kriptografi, khususnya algoritma *Advanced Encryption Standard* (AES) 128-bit yang dikenal efisien dan tangguh dalam menghadapi ancaman digital. Dapat dikatakan bahwa kriptografi adalah bidang ilmu yang mengajarkan cara menjaga pesan tetap rahasia sehingga tidak dapat dibaca oleh orang yang tidak berkepentingan [2].

Dalam ranah ilmu kriptografi, dikenal sejumlah istilah pokok yang umum digunakan, antara lain *key*, *plaintext*, *ciphertext*, proses enkripsi, serta proses dekripsi [3]. AES

128-bit menjadi pilihan yang banyak diadopsi dalam berbagai sistem, termasuk oleh perusahaan berskala kecil dan menengah yang tengah beradaptasi ke arah digitalisasi. Karena Algoritma *Advanced Encryption Standard* (AES) menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan algoritma kriptografi lainnya, antara lain tingkat keamanan yang tinggi, efisiensi dalam proses enkripsi dan dekripsi, serta fleksibilitas dalam penerapannya [4].

PT. Anugrah Lancar Sukses, sebagai perusahaan yang bergerak di bidang perdagangan dan pengelolaan properti, masih menghadapi permasalahan serius terkait perlindungan data. Ketika suatu data memiliki nilai penting, maka perlindungan terhadap keamanan dan kerahasiaannya menjadi hal yang tidak bisa diabaikan [5]. Observasi awal menunjukkan bahwa proses penyimpanan dan distribusi dokumen internal masih dilakukan secara manual atau melalui *file* digital terbuka tanpa perlindungan seperti enkripsi atau kata sandi. Dokumen penting seperti laporan keuangan, data konsumen, hingga arsip transaksi disimpan dalam format standar (Word, Excel, PDF) tanpa lapisan keamanan, sehingga rentan terhadap akses ilegal maupun manipulasi oleh pihak yang tidak berwenang, baik dari internal maupun eksternal.

Pemilihan PT. Anugrah Lancar Sukses sebagai objek penelitian didasarkan atas keterbukaan perusahaan terhadap pengembangan sistem keamanan digital serta kesesuaiannya sebagai representasi dari persoalan umum yang dihadapi oleh banyak pelaku usaha lokal. Perusahaan ini memberikan akses dan dukungan penuh terhadap pelaksanaan penelitian, sehingga diharapkan solusi yang dikembangkan dapat menjawab permasalahan aktual sekaligus menjadi rujukan bagi konteks yang lebih luas.

Permasalahan utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini mencakup belum digunakannya metode enkripsi digital untuk melindungi dokumen penting, tidak tersedianya sistem keamanan berbasis kriptografi, serta tingginya risiko penyadapan akibat distribusi *file* antar divisi yang dilakukan tanpa enkripsi. Selain itu, rendahnya pemahaman staf terhadap pentingnya keamanan digital memperbesar potensi terjadinya serangan siber. Dalam dunia kriptografi, terdapat dua elemen kunci yang menjadi fondasi utama dalam menjaga kerahasiaan data, yaitu proses enkripsi dan dekripsi. Enkripsi sendiri merupakan tahapan penting dalam pengamanan informasi, di mana data asli (*plaintext*) diubah menjadi format yang tidak dikenali atau disamarkan secara sistematis melalui penerapan algoritma tertentu [6].

Sebagai solusi, penelitian ini merancang dan mengembangkan sebuah aplikasi *desktop* yang mengimplementasikan algoritma AES 128-bit untuk proses enkripsi dan dekripsi *file*, serta dilengkapi fitur autentikasi pengguna melalui sistem *login* dan registrasi yang diamankan dengan algoritma BCrypt. Aplikasi ini dibangun menggunakan Java Swing, Karena Java Swing merupakan salah satu pustaka antarmuka grafis (GUI) yang disediakan

oleh Java dan memiliki kapabilitas tinggi dalam membangun tampilan aplikasi yang interaktif, intuitif, serta mudah dioperasikan [7]. Kemudian, bahasa pemrograman Java digunakan sebagai dasar dalam pengembangan aplikasi yang berjalan pada platform *mobile* [8].

Laju pertumbuhan era digital yang terus meningkat membuat perusahaan di zaman modern semakin bergantung pada penerapan teknologi dalam setiap aspek kerjanya [9]. Oleh karena itu, untuk menjaga kerahasiaan data digital, *Advanced Encryption Standard* (AES) menjadi salah satu algoritma kriptografi yang paling banyak diterapkan berkat kemampuannya melakukan proses enkripsi dengan cepat serta efisien.

Mengimplementasikan AES pada sistem pengamanan dokumen digital berbasis *desktop*, dengan objek penelitian berupa aplikasi internal perusahaan. Keunggulan penelitian tersebut terletak pada kecepatan proses enkripsi dan kompatibilitas lintas platform. Namun, kelemahannya adalah belum adanya pengamanan pada tahap autentikasi pengguna, sehingga potensi akses tidak sah masih dapat terjadi [10].

Menerapkan AES pada sistem keamanan basis data rumah sakit. Keunggulan yang dicapai adalah integrasi AES dengan protokol SSL/TLS untuk mengamankan data pasien dari serangan *man in the middle* [11]. Meskipun demikian, penelitian tersebut belum menyediakan fitur visualisasi aktivitas yang dapat membantu administrator memantau pola penggunaan sistem secara *real-time*.

Mengeksplorasi pemanfaatan AES dalam aplikasi *cloud storage* untuk sektor pendidikan. Penelitian ini memberikan keuntungan berupa kemudahan akses data secara daring dengan tetap menjaga tingkat keamanan. Akan tetapi, ditemukan kelemahan berupa waktu enkripsi yang meningkat seiring bertambahnya ukuran *file*, yang dapat mengurangi kenyamanan pengguna [12].

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, penelitian ini memiliki perbedaan mendasar, yaitu mengintegrasikan AES 128-bit dengan algoritma BCrypt untuk mengamankan autentikasi pengguna. BCrypt dipilih karena memiliki mekanisme *salt* dan *cost factor* yang mampu meningkatkan ketahanan terhadap serangan *brute-force* maupun *rainbow table*. Dengan kombinasi ini, sistem yang dikembangkan tidak hanya menjamin keamanan data melalui enkripsi AES, tetapi juga memperkuat keamanan kredensial pengguna. Selain itu, penelitian ini menambahkan fitur visualisasi aktivitas pengguna menggunakan JFreeChart dan kemampuan ekspor laporan ke PDF melalui *iText*, yang jarang ditemukan pada penelitian terdahulu dan menambah nilai fungsionalitas sistem.

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan pendekatan *Waterfall* yang terdiri atas tahapan analisis kebutuhan, desain sistem dan antarmuka, implementasi aplikasi, hingga pengujian fungsionalitas. Evaluasi teknis dilakukan secara

kuantitatif dengan mengukur keberhasilan proses enkripsi-dekripsi, efisiensi waktu pemrosesan, perubahan ukuran *file*, serta efektivitas kontrol akses berbasis peran antara *admin* dan pengguna biasa.

AES merupakan algoritma kriptografi simetris yang diakui secara luas dan digunakan secara intensif dalam berbagai sistem keamanan informasi, dengan tujuan utama untuk melindungi kerahasiaan data melalui proses enkripsi yang kuat dan efisien. Dengan diterapkannya sistem ini, diharapkan PT. Anugrah Lancar Sukses dapat memperoleh peningkatan signifikan dalam perlindungan data internal, sekaligus mendorong kesadaran kolektif mengenai pentingnya keamanan informasi di era digital.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tujuan utama merancang dan mengevaluasi kinerja sistem keamanan *file* digital berbasis algoritma *Advanced Encryption Standard* (AES) 128-bit di PT. Anugrah Lancar Sukses. Metode pengembangan yang diterapkan adalah model *Waterfall*, yang menekankan urutan kerja yang sistematis mulai dari identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi. Pendekatan ini dinilai sesuai untuk mendukung proses pengembangan aplikasi keamanan data yang terarah dan terstruktur.

2.1 Metode Pengumpulan Data

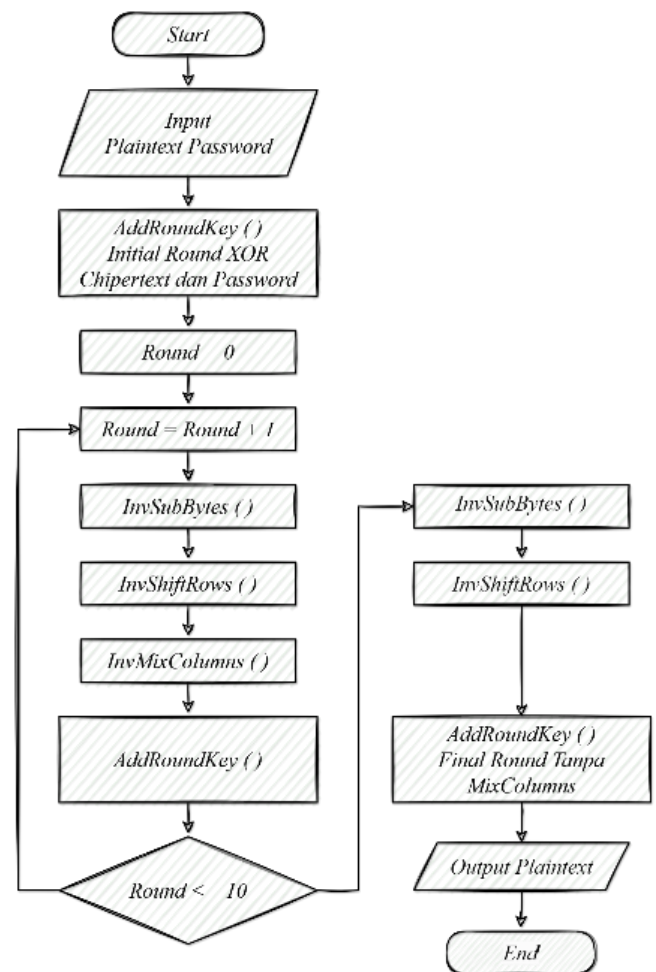
Data yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini dikumpulkan dari dua sumber utama. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara kepada staf internal perusahaan untuk menangkap kondisi nyata serta kebutuhan faktual di lapangan. Sedangkan data sekunder dihimpun dari berbagai literatur seperti jurnal ilmiah, buku referensi, dokumentasi teknis algoritma kriptografi, dan studi terdahulu yang relevan dengan sistem keamanan informasi dan pengembangan aplikasi *desktop*.

Berdasarkan hasil analisis dari data yang terkumpul, disusun rancangan sistem dengan fitur-fitur inti, antara lain autentikasi pengguna (*login* dan *register*), proses enkripsi dan dekripsi *file*, manajemen hak akses berbasis peran (*admin* dan *user*), serta tampilan statistik aktivitas dalam bentuk log dan grafik. Seluruh fitur ini dibangun menggunakan kombinasi teknologi, yaitu Java Swing sebagai antarmuka aplikasi, MySQL untuk basis data, NetBeans IDE sebagai lingkungan pengembangan, serta pustaka tambahan seperti *bcrypt*, *iText*, dan *JFreeChart*.

NetBeans IDE merupakan salah satu platform pengembangan perangkat lunak yang terintegrasi (IDE), dirancang secara khusus untuk mendukung bahasa pemrograman Java. Alat ini memberikan kemudahan dalam membangun aplikasi *desktop* dengan tampilan antarmuka grafis yang interaktif dan menarik [13].

NetBeans dipilih sebagai *Integrated Development Environment* (IDE) karena kemampuannya yang andal dalam mendukung perancangan antarmuka grafis secara visual melalui Java GUI Builder (Matisse). Fitur ini mempermudah proses desain UI tanpa harus menulis seluruh kode secara manual, sehingga lebih efisien dan terstruktur.

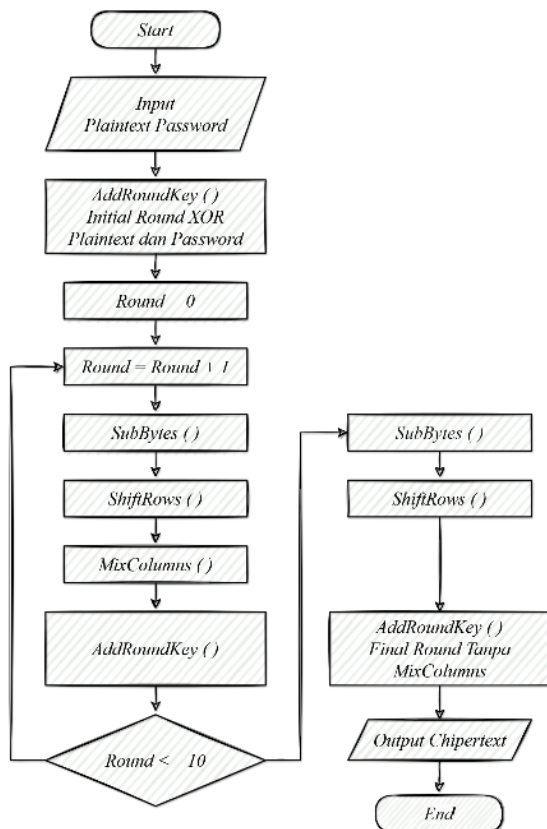
Untuk memperjelas proses kerja sistem, berikut disajikan diagram alur yang menggambarkan bagaimana algoritma AES 128-bit melakukan proses enkripsi data *file* yang diunggah pengguna.



Gambar 1. Enkripsi AES 128-bit

Gambar 1 Enkripsi AES 128-bit ini menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan sistem dalam mengamankan *file*, mulai dari pembacaan *file*, pembentukan blok data, penerapan kunci AES, hingga menghasilkan *file* terenkripsi.

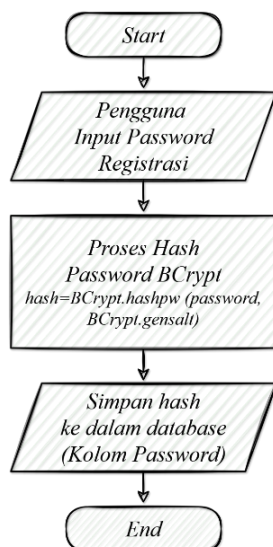
Selanjutnya, Gambar 2 Dekripsi AES 128-bit berikut menjelaskan proses dekripsi, yaitu bagaimana sistem mengembalikan *file* terenkripsi ke bentuk semula menggunakan kunci yang sama.



Gambar 2. Dekripsi AES 128-bit

Diagram ini memperlihatkan proses pembalikan data yang telah dienkripsi, dimulai dari pembacaan *file* terenkripsi, proses *inverse* transformasi kriptografi, hingga menghasilkan *file* asli yang dapat dibaca kembali oleh pengguna.

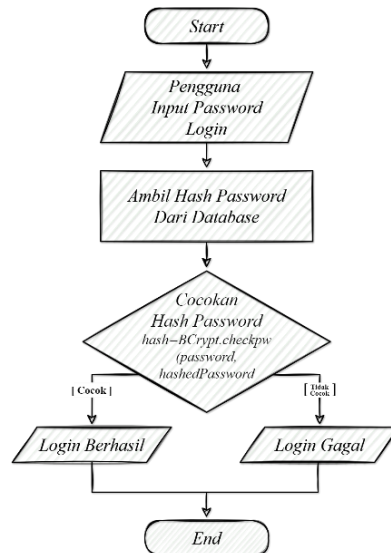
Selain keamanan *file*, sistem juga memperhatikan aspek autentikasi pengguna. Gambar 3 BCrypt Register berikut menunjukkan proses registrasi akun baru yang dilakukan pengguna, lengkap dengan mekanisme *hashing password* sebelum disimpan ke *database*.



Gambar 3. BCrypt Register

Flowchart ini menjelaskan bagaimana sistem memverifikasi kredensial pengguna saat *login*. *Password* yang dimasukkan akan dibandingkan dengan *hash* yang tersimpan menggunakan algoritma BCrypt dan *salt* yang dihasilkan secara otomatis.

Sedangkan Gambar 4 BCrypt Login di bawah ini menjelaskan alur proses saat pengguna melakukan *login* ke dalam sistem.



Gambar 4. BCrypt Login

Gambar ini menjelaskan bagaimana sistem memproses data pengguna baru. *Password* yang dimasukkan tidak disimpan secara langsung, melainkan diproses terlebih dahulu menggunakan *hashing* BCrypt untuk menjaga kerahasiaan.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dirancang mengikuti pendekatan metodologi *Waterfall*, yang terdiri atas sejumlah langkah berurutan mulai dari perumusan masalah hingga perancangan dan implementasi sistem keamanan data berbasis algoritma AES 128-bit. Setiap tahap disusun secara sistematis untuk mendukung proses pengembangan aplikasi secara menyeluruh dan terarah.

Langkah pertama diawali dengan identifikasi permasalahan di lapangan, yang dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses distribusi dokumen internal perusahaan. Hasil dari tahapan ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan *file* di PT. Anugrah Lancar Sukses masih terbuka dan tidak memiliki lapisan keamanan digital. Selanjutnya, dilakukan studi pustaka untuk memperkuat dasar teori dan memastikan bahwa solusi yang dirancang memiliki fondasi ilmiah yang memadai.

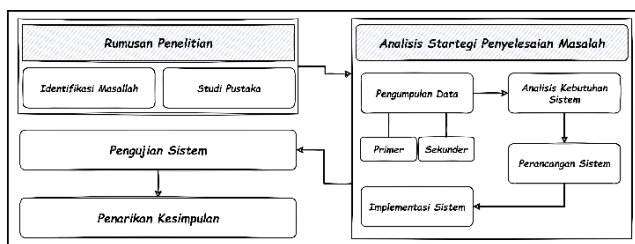
Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, data primer dan sekunder dikumpulkan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi dan kebutuhan sistem. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis kebutuhan yang menjadi dasar penyusunan fitur-fitur utama aplikasi, di

antaranya *login* dan registrasi, enkripsi dan dekripsi *file*, pengelolaan akses pengguna, serta pelaporan aktivitas sistem.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, di mana struktur antarmuka, *database*, serta skema kerja algoritma mulai dirancang. Proses ini dilakukan dengan mempertimbangkan aspek keamanan, kemudahan penggunaan, dan efisiensi kinerja sistem. Setelah desain sistem dirasa matang, dilakukan implementasi aplikasi menggunakan Java Swing, didukung pustaka seperti JBCrypt, JFreeChart, dan iText.

Dalam sistem yang dirancang, Java dipilih sebagai salah satu bahasa pemrograman utama yang digunakan. Penguasaan mendalam terhadap Java memegang peranan penting dalam mengarahkan proses pembelajaran teknologi, terutama dalam menghadapi perkembangan kebutuhan industri di masa mendatang [14]. Dengan pemetaan yang tepat, kita dapat menentukan bahasa pemrograman yang paling relevan untuk dipelajari, mengetahui sejauh mana bahasa tersebut didukung dalam berbagai proyek pengembangan perangkat lunak, serta mengidentifikasi keterampilan yang paling strategis dan banyak diminati di pasar kerja saat ini.

Seluruh tahapan dalam penelitian ini divisualisasikan pada Gambar 5 Tahapan Penelitian berikut untuk memperjelas alur kerja sistem secara keseluruhan:



Gambar 5. Tahapan Penelitian

Setelah implementasi selesai, sistem dijalankan dan dievaluasi secara langsung di lingkungan internal PT. Anugrah Lancar Sukses. Dari proses ini diperoleh hasil bahwa sistem mampu melakukan proses enkripsi dan dekripsi dengan baik, mengelola hak akses secara efektif, serta menyajikan statistik aktivitas pengguna secara informatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil akhir dari proses penelitian dan pengembangan sistem keamanan data berbasis algoritma kriptografi AES 128-bit yang diimplementasikan di lingkungan kerja PT. Anugrah Lancar Sukses. Uji coba dilakukan secara langsung dalam kondisi aktual guna mengamati efektivitas fitur yang dikembangkan, seperti proses enkripsi dekripsi *file*, keamanan *login*, serta antarmuka sistem.

Seluruh hasil yang dipaparkan disusun secara sistematis sesuai tahapan pembangunan sistem, mulai dari pengujian algoritma kriptografi, pemodelan perangkat lunak, tampilan antarmuka pengguna, hingga uji fungsi sistem. Penjabaran hasil ini dilengkapi dengan ilustrasi berupa tabel dan gambar yang bertujuan memperjelas analisis dan interpretasi data.

Pembahasan dalam bagian ini juga menyoroti keberhasilan sistem dalam menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Setiap fitur diuji berdasarkan fungsionalitas dan relevansinya terhadap kebutuhan pengguna internal perusahaan.

3.1 Hasil Pengujian Algoritma

Sistem keamanan yang dikembangkan dalam penelitian ini mengandalkan dua algoritma utama, yaitu AES 128-bit untuk proses enkripsi dan dekripsi *file*, serta BCrypt untuk melindungi data autentikasi pengguna. Pengujian terhadap kedua algoritma ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan kestabilan kinerja sistem, sekaligus memastikan bahwa proses pengamanan data berlangsung sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang.

Pengujian pertama dilakukan pada fitur enkripsi dan dekripsi *file* menggunakan AES 128-bit. Enkripsi dalam AES 128-bit berlangsung melalui 10 putaran transformasi, di mana setiap putaran memproses data dalam bentuk biner [15]. Setiap tahapan ini tidak berdiri sendiri, melainkan terhubung erat dengan kunci putaran (*round key*) yang berasal dari ekspansi kunci utama. Dalam setiap putaran, diterapkan empat transformasi inti secara berurutan. Berbagai jenis *file* digunakan dalam pengujian ini guna mengamati waktu proses serta integritas data setelah dilakukan dekripsi.

Proses pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh komponen sistem berfungsi sesuai dengan tujuannya. Selain itu, tahap ini juga menjadi langkah penting untuk menilai sejauh mana sistem mampu menjalankan proses enkripsi dan dekripsi dengan akurat serta efisien sesuai rancangan yang telah dibuat.

Tabel 1. Hasil Pengujian Algoritma AES 128-bit

No	Nama File Asli	Ukuran File	Waktu Enkripsi	Waktu Dekripsi	Hasil Validasi
1	Price_List_Produk_ALS.xlsx	10 kb	0,001 detik	0,001 detik	Berhasil
2	Kontra K_Kerjasama_Vendor.Docx	29,875 kb	0,145 detik	0,520 detik	Berhasil
3	Data_Daftar_Karyawan.PDF	42,550 kb	0,269 detik	0,860 detik	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, algoritma AES 128-bit menunjukkan kinerja yang efisien dalam proses enkripsi dan dekripsi berbagai jenis *file*. Waktu enkripsi berada pada rentang 0,001 hingga 0,269 detik, sedangkan waktu dekripsi berkisar antara 0,001 hingga 0,860 detik, tergantung pada ukuran dan jenis *file* yang diproses. *File* berukuran besar seperti dokumen PDF dengan ukuran 42,550 KB masih dapat diproses dalam waktu kurang dari 1 detik, menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang stabil dan layak digunakan dalam aktivitas operasional perusahaan. Selain itu, seluruh *file* berhasil dikembalikan ke bentuk semula tanpa perubahan isi, sehingga integritas data tetap terjaga setelah proses dekripsi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Algoritma BCrypt

<i>Username</i>	<i>Password Input</i>	<i>Hasil Hash (Ditransformasi)</i>	<i>Status Verifikasi</i>
1_Rohadi	Admin123	\$2a\$10\$EPEzx30kutkFp8jwpOdP3.RCvyMd4wycekP.9rL3mwo...	Berhasil
2_Rohadi	Admin123	\$2a\$10\$EPEzx30kutkFp8jwpOdP3.RCvyMd4wycekP.9rL3mwo...	Berhasil
Hadi	User123	\$2a\$10\$1IJQJ.KC.H0SsO7A.9kCWs.vTViU6cMDkU1Kmeo8S5bJ...	Berhasil

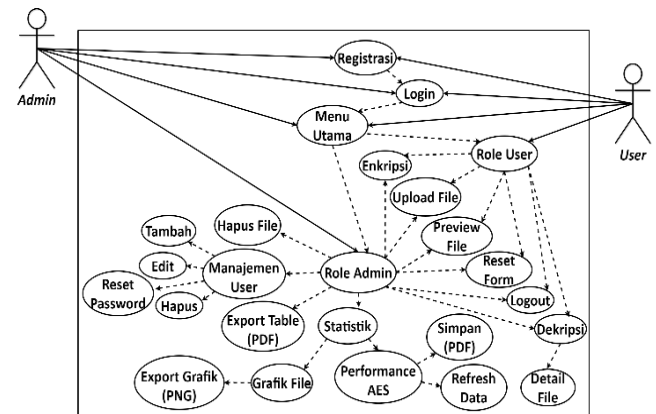
Tabel 2 Hasil Pengujian Algoritma BCrypt memperlihatkan bahwa meskipun *password* yang dimasukkan sama (misalnya "admin123"), hasil *hash* yang dihasilkan selalu berbeda. Hal ini membuktikan bahwa BCrypt bekerja sesuai fungsinya dengan memanfaatkan *salt* untuk mencegah serangan rekonstruksi *password*. Selain itu, proses verifikasi saat *login* juga berjalan lancar, menandakan integrasi algoritma dengan sistem berhasil dilakukan secara tepat.

Dengan pengujian terhadap kedua algoritma tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi-fungsi keamanan utama secara optimal. AES 128-bit menjamin kerahasiaan *file*, sementara BCrypt memberikan perlindungan yang kuat terhadap data *login* pengguna. Kombinasi keduanya memberikan perlindungan berlapis yang sangat relevan dalam menghadapi ancaman keamanan digital di lingkungan perusahaan.

3.2 Tampilan Antarmuka Aplikasi

Antarmuka pengguna (*user interface*) menjadi elemen penting dalam sebuah aplikasi *desktop*, khususnya untuk mendukung kemudahan penggunaan dan efisiensi operasional. Dalam penelitian ini, antarmuka dirancang menggunakan Java Swing dengan pendekatan desain yang sederhana namun tetap informatif. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa staf internal perusahaan, meskipun tidak memiliki latar belakang teknis, dapat mengoperasikan sistem dengan lancar.

Untuk mendukung proses pengembangan sistem aplikasi yang terstruktur dan terarah, dilakukan tahap pemodelan perangkat lunak sebagai representasi visual dari fungsionalitas serta alur kerja aplikasi yang dikembangkan. Pemodelan pada Gambar 6 *Use Case Diagram* membantu menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem, sekaligus memperjelas struktur internal aplikasi sebelum proses implementasi dilakukan.



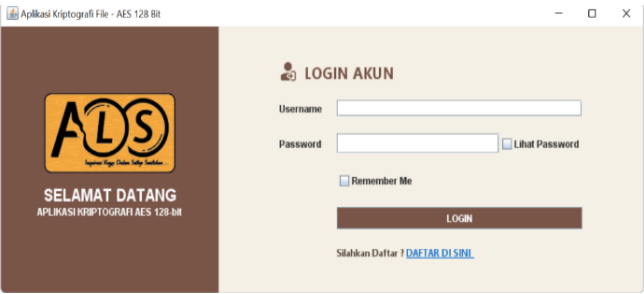
Gambar 6. Use Case Diagram

Dalam sebuah sistem, skenario *use case* berperan penting untuk menjelaskan alur interaksi antara aktor dan sistem secara naratif [16]. Penjabaran ini menggambarkan bagaimana peran masing-masing entitas berkontribusi dalam proses sistem. Tak hanya dalam bentuk teks, interaksi tersebut juga divisualisasikan melalui *use case diagram*, sehingga hubungan antar komponen dapat terlihat lebih jelas dan mudah dipahami secara struktural.

Diagram ini menggambarkan hubungan antara aktor (*admin* dan *user*) dengan fitur utama dalam sistem. *Use case* yang ditampilkan mencakup proses *login*, registrasi, unggah *file*, enkripsi, dekripsi, pengunduhan *file*, dan pengelolaan data pengguna.

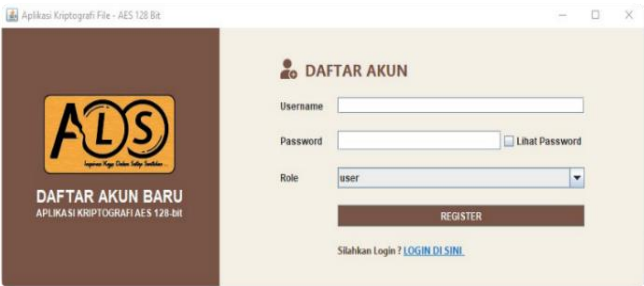
Melalui diagram tersebut dapat dilihat bahwa pengguna biasa (*user*) memiliki akses terbatas hanya pada fitur enkripsi dan dekripsi, sementara *admin* memiliki kontrol penuh terhadap manajemen pengguna dan data. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk membedakan hak akses berdasarkan peran, sehingga keamanan dan keteraturan penggunaan sistem dapat terjaga.

Antarmuka dikembangkan menggunakan Java Swing, yang memungkinkan tampilan *desktop* berbasis GUI dengan elemen visual yang responsif. Berikut disajikan tampilan-tampilan utama dari aplikasi yang dikembangkan, yang mencerminkan alur penggunaan sistem mulai dari autentikasi hingga pemantauan aktivitas.



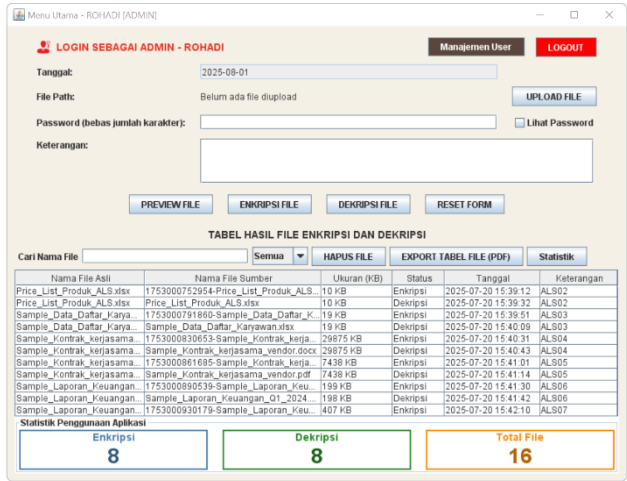
Gambar 7. Form Login

Tampilan pada Gambar 7 *Form Login* menunjukkan halaman *form login* yang berfungsi sebagai akses awal ke dalam sistem. Pada tahap ini, pengguna perlu mengisi nama akun dan kata sandi, yang selanjutnya diverifikasi melalui proses *hashing* dengan memanfaatkan algoritma BCrypt.



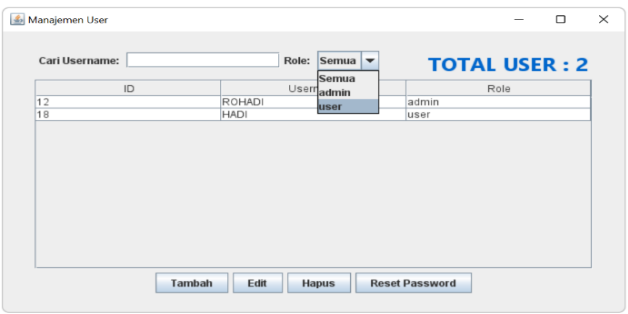
Gambar 8. Form Register

Tampilan pada Gambar 8 *Form Register* digunakan pengguna sebagai proses untuk pembuatan akun baru. *Input* kata sandi akan langsung diolah menggunakan BCrypt sebelum disimpan di basis data, memastikan keamanan data autentikasi sejak awal.



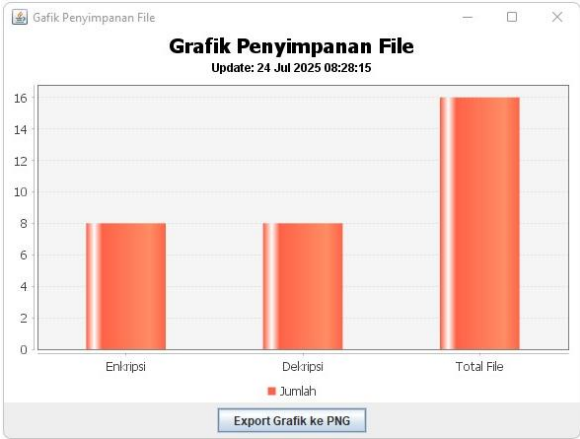
Gambar 9. Menu Navigasi Utama

Tampilan pada Gambar 9 *Menu Navigasi Utama* merupakan menu navigasi utama yang mengarahkan pengguna ke berbagai fitur seperti enkripsi, dekripsi, manajemen akun, dan pelaporan. Antarmuka disusun agar setiap fungsi dapat diakses dengan mudah.



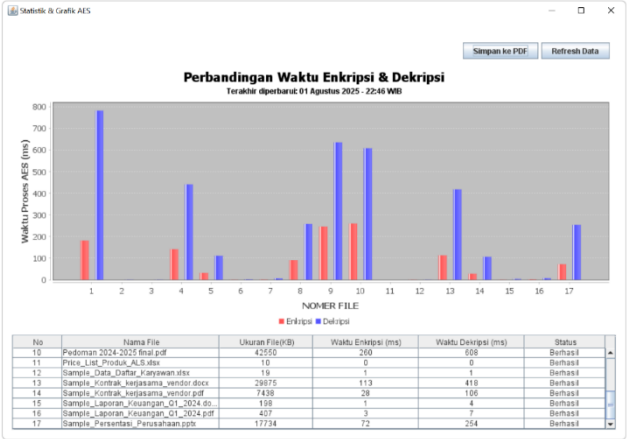
Gambar 10. Manajemen Akun Pengguna

Tampilan pada Gambar 10 *Manajemen Akun Pengguna* untuk mengatur seluruh data pengguna yang terdaftar dalam sistem. Melalui antarmuka ini, administrator dapat melakukan pencarian berdasarkan nama pengguna atau peran (*role*), seperti *admin* dan *user*, sehingga proses pengelolaan akun menjadi lebih terarah. Selain itu, fitur seperti Tambah, Edit, Hapus, dan *Reset Password* turut mempermudah pengendalian akses serta menjaga keamanan sistem agar tetap konsisten dan terkendali.



Gambar 11. Visualisasi Statistik Penyimpanan File

Antarmuka pada Gambar 11 *Visualisasi Statistik Penyimpanan File* menyajikan informasi tentang aktivitas penyimpanan *file* dalam bentuk statistik. Data yang ditampilkan mencakup jumlah *file* terenkripsi dan didekripsi oleh masing-masing pengguna.



Gambar 12. Grafik Evaluasi Performa Sistem

Grafik pada Gambar 12 Grafik Evaluasi Performa Sistem digunakan untuk mengevaluasi performa sistem dalam bentuk visual. Data ditampilkan dalam bentuk diagram batang dan garis, mencerminkan jumlah transaksi enkripsi dan dekripsi dalam kurun waktu tertentu.

Seluruh tampilan antarmuka dirancang untuk mendukung tujuan utama sistem, yaitu meningkatkan keamanan dan efisiensi kerja dalam pengelolaan data penting perusahaan. Desain yang intuitif diharapkan dapat membantu pengguna dalam menjalankan tugas tanpa hambatan, sekaligus meminimalkan risiko kesalahan manusia.

3.3 Hasil Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan guna memastikan seluruh fitur dapat berjalan sebagaimana mestinya sesuai kebutuhan pengguna internal perusahaan. Pengujian dilakukan secara lokal pada lingkungan kerja PT. Anugrah Lancar Sukses, dan difokuskan pada aspek fungsional, kemudahan penggunaan, serta ketahanan sistem terhadap kemungkinan kesalahan pengguna.

Pengujian dilakukan pada empat aspek utama: (1) fungsi utama sistem seperti *login*, enkripsi, dekripsi, dan manajemen akun; (2) pembatasan hak akses berdasarkan peran pengguna (*admin* dan *user*); (3) efektivitas algoritma BCrypt dalam mengamankan data autentikasi; serta (4) proses enkripsi dan dekripsi *file* menggunakan algoritma AES 128-bit.

Setiap pengujian disusun berdasarkan skenario yang merepresentasikan aktivitas nyata pengguna di lapangan, dan hasilnya dicatat secara sistematis dalam bentuk tabel. Data yang diperoleh dari pengujian ini menjadi dasar evaluasi keberhasilan implementasi sistem, sekaligus mendukung kesimpulan akhir dalam penelitian ini.

3.3.1 Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pengujian ini difokuskan untuk memastikan bahwa seluruh fitur utama pada aplikasi, seperti *login*, registrasi, unggah *file*, enkripsi, dekripsi, *logout*, dan fitur lainnya, telah berjalan sesuai dengan alur logika dan kebutuhan pengguna yang telah dirancang sebelumnya. Seluruh fungsi diuji menggunakan metode *Black Box*, yang berfokus pada masukan dan keluaran dari sistem. *Black Box* merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsi sistem tanpa memperhatikan alur kontrol program. Pendekatan ini menitikberatkan pada informasi domain yang diuji untuk memastikan fungsi berjalan sesuai spesifikasi. Umumnya, proses pengujian ini dilakukan oleh tim internal pengembang [17].

Tabel 3. Hasil Pengujian Fungsional Sistem

Fitur	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
Registrasi	Mengisi data dengan benar kemudian menekan tombol “Daftar”	Akun baru berhasil dibuat dan tersimpan	<i>Form</i> berhasil dikirim, akun aktif terbentuk	Lulus
<i>Login</i>	Memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang valid	Pengguna berhasil masuk ke dalam sistem	Sistem menampilkan halaman utama aplikasi	Lulus
Menu Utama	Berpindah antar menu setelah berhasil <i>login</i>	Fitur utama sistem muncul sesuai navigasi	Seluruh tombol menu berfungsi dan responsif	Lulus
<i>Upload File</i>	Memilih <i>file</i> dari perangkat lalu menekan tombol “ <i>upload file</i> ”	<i>File</i> tampil pada daftar <i>file</i> di sistem	<i>File</i> berhasil diunggah dan ditampilkan	Lulus
Enkripsi	Menekan tombol “Enkripsi” setelah <i>file</i> diunggah	<i>File</i> tersimpan dalam format terenkripsi	<i>File</i> berubah ke bentuk terenkripsi	Lulus
<i>Preview File</i>	Memilih <i>file</i> dan menekan tombol “ <i>Preview</i> ”	Isi <i>file</i> tampil dalam area teks yang tersedia	Konten <i>file</i> terbaca dengan baik	Lulus
Dekripsi	Memilih <i>file</i> terenkripsi lalu klik tombol “Dekripsi”	<i>File</i> asli muncul kembali seperti semula	<i>File</i> berhasil dikembalikan ke bentuk awal	Lulus
<i>Reset Form</i>	Menekan tombol “ <i>Reset</i> ” pada <i>form</i> pendaftaran atau unggah <i>file</i>	Formulir kembali dalam kondisi kosong	Semua isian dalam <i>form</i> berhasil dibersihkan	Lulus
<i>Logout</i>	Menekan tombol <i>logout</i> pada tampilan utama	Sistem kembali ke halaman <i>login</i> awal	Pengguna dialihkan ke <i>form login</i>	Lulus

Hasil pengujian fungsionalitas sistem yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh fitur utama, meliputi registrasi, *login*, unggah *file*, enkripsi, dekripsi, serta manajemen navigasi, berhasil dijalankan sesuai dengan skenario pengujian. Dari seluruh skenario yang diuji, sistem mencapai tingkat keberhasilan 100% tanpa ditemukan kegagalan fungsi. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional pengguna serta berjalan stabil pada lingkungan internal perusahaan.

3.3.2 Pengujian Hak Akses (*Role-based Access Control*)

Pengujian hak akses berbasis peran menunjukkan bahwa mekanisme *role-based access control* telah diterapkan secara efektif. Seluruh skenario pengujian untuk peran *admin* dan *user* menghasilkan status lulus, di mana *admin* memiliki akses penuh terhadap fitur manajemen dan pelaporan, sementara *user* dibatasi hanya pada fungsi enkripsi dan dekripsi. Pemisahan hak akses ini berperan penting dalam mencegah akses tidak sah dan meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.

a) Pengujian Hak Akses untuk *Admin*

Pengujian memverifikasi bahwa pengguna dengan peran *admin* memiliki keleluasaan penuh terhadap fitur-fitur yang berkaitan dengan pengelolaan sistem dan analisis data statistik. Detail hasil pengujian disajikan melalui Tabel 4 Hasil Pengujian Hak Akses (*Admin*) berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Hak Akses (*Admin*)

Fitur	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
Manajemen <i>User</i>	<i>Admin</i> mengakses menu manajemen pengguna	Halaman manajemen berhasil ditampilkan	Tampil	Lulus
Hapus <i>File</i>	<i>Admin</i> memilih <i>file</i> lalu menekan tombol hapus	<i>File</i> berhasil dihapus dari sistem	<i>File</i> terhapus	Lulus
Export Table (PDF)	<i>Admin</i> menekan tombol "Export" pada halaman data	<i>File</i> PDF tersimpan dengan sukses	Berhasil	Lulus
Grafik Penyimpanan <i>File</i>	<i>Admin</i> membuka Statistik > Penyimpanan <i>File</i>	Grafik ditampilkan sesuai data	Grafik muncul	Lulus

b) Pengujian Hak Akses untuk *User*

Pengujian pada bagian ini bertujuan untuk memastikan bahwa *user* biasa tidak dapat mengakses fitur-fitur yang dikhususkan untuk *admin*, sehingga mencegah tindakan yang tidak sesuai dengan peran yang diberikan. Detail hasil pengujian disajikan melalui Tabel 5 Hasil Pengujian Hak Akses (*User*) berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Hak Akses (*User*)

Fitur	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
Manajemen <i>User</i>	<i>User</i> mencoba mengakses menu manajemen pengguna	Akses ditolak / fitur tidak tersedia	Ditolak	Lulus

Fitur	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
Hapus <i>File</i>	<i>User</i> menekan tombol hapus <i>file</i>	Akses ditolak / fitur tidak tersedia	Ditolak	Lulus
Export Table (PDF)	<i>User</i> mencoba klik tombol <i>export</i>	Akses ditolak / fitur tidak tersedia	Ditolak	Lulus
Grafik Penyimpanan <i>File</i>	<i>User</i> mengakses menu statistik	Akses ditolak / fitur tidak tersedia	Ditolak	Lulus

3.3.3 Pengujian Keamanan *Password* (BCrypt)

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa *password* pengguna tidak disimpan dalam bentuk asli, melainkan telah di-*hash* menggunakan algoritma BCrypt. *Salt* ini berperan penting dalam meningkatkan keamanan kata sandi, karena menambahkan kompleksitas tambahan yang membuat teknik serangan *brute force* menjadi jauh lebih sulit untuk menembusnya [18].

Hasil uji menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan *hashing* serta verifikasi *login* tanpa menyimpan data *plaintext*. Rincian pengujian ditampilkan pada Tabel 6 Hasil Pengujian Keamanan *Password* berikut:

Tabel 6. Hasil Pengujian Keamanan *Password*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Registrasi dengan <i>password</i> baru	<i>Password</i> tersimpan sebagai <i>hash</i> BCrypt	<i>Hash</i> terenkripsi muncul	Lulus
2	<i>Login</i> dengan <i>password</i> yang sesuai	Sistem cocokkan <i>input</i> dengan <i>hash</i>	<i>Login</i> berhasil	Lulus
3	Cek <i>database</i> pada kolom <i>password</i>	Tidak ditemukan <i>password</i> asli (<i>plaintext</i>)	<i>Hash</i> terenkripsi	Lulus

3.3.4 Pengujian Enkripsi dan Dekripsi (AES 128-bit)

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana proses enkripsi dan dekripsi mampu menjaga keutuhan data. Pengujian dilakukan dengan cara mengenkripsi sebuah *file*, kemudian mendekripsinya kembali guna memastikan bahwa isi *file* tidak mengalami perubahan atau kerusakan. Berdasarkan hasil pengujian, *file* yang telah dienkripsi tidak dapat dibuka atau dibaca secara langsung karena telah berubah menjadi format tidak terbaca. Sementara itu, setelah proses dekripsi dilakukan, *file* berhasil dikembalikan ke bentuk semula dengan struktur dan isi yang identik seperti sebelum dienkripsi.

Tahapan ini menguji apakah proses enkripsi-dekripsi *file* berjalan dengan waktu yang efisien dan data dapat dikembalikan ke bentuk awal tanpa perubahan atau kerusakan *file*. Rincian hasil pengujian disajikan pada Tabel 7 Hasil Pengujian Enkripsi dan Dekripsi (AES 128-bit) berikut:

Tabel 7. Hasil Pengujian Enkripsi dan Dekripsi (AES 128-bit)

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Mengunggah <i>file</i> lalu melakukan enkripsi	<i>File</i> terenkripsi tidak dapat dibuka secara langsung	<i>File</i> berubah menjadi karakter acak	Lulus
2	Melakukan dekripsi terhadap <i>file</i> yang terenkripsi	<i>File</i> kembali ke bentuk asli tanpa kerusakan	<i>File</i> berhasil dikembalikan utuh	Lulus
3	Membuka <i>file</i> hasil enkripsi tanpa aplikasi sistem	<i>File</i> tidak terbaca oleh Notepad maupun editor teks biasa	Karakter tidak dikenali oleh sistem	Lulus

Hasil menunjukkan bahwa *file* berhasil dienkrpsi dan didekripsi dengan waktu proses yang cepat dan hasil validasi yang tepat, menandakan algoritma AES 128-bit terintegrasi secara efektif ke dalam sistem.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan *file* berbasis algoritma AES 128-bit yang dilengkapi autentikasi BCrypt di PT. Anugrah Lancar Sukses. Sistem yang dikembangkan mampu mengamankan dokumen internal perusahaan melalui proses enkripsi dan dekripsi *file* serta pengelolaan hak akses berbasis peran antara *admin* dan *user*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berfungsi dengan tingkat keberhasilan 100%. Proses enkripsi dan dekripsi *file* menggunakan AES 128-bit dapat dilakukan secara efisien dengan waktu pemrosesan kurang dari 1 detik untuk berbagai jenis *file*, serta mampu menjaga integritas data setelah proses dekripsi. Selain itu, penerapan algoritma BCrypt berhasil meningkatkan keamanan autentikasi dengan memastikan bahwa kata sandi pengguna tidak disimpan dalam bentuk asli.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dinilai efektif dalam meningkatkan perlindungan data internal perusahaan dan mendukung penerapan keamanan informasi di lingkungan kerja. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini masih dapat ditingkatkan dengan pengujian performa pada skala data yang lebih besar serta pengembangan ke platform berbasis web atau *mobile*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT. Anugrah Lancar Sukses yang telah bersedia menjadi mitra dalam pelaksanaan penelitian ini, serta kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, maupun kontribusi dalam bentuk apa pun hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IBM, "Laporan Biaya Pelanggaran Data 2024." Accessed: Aug. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/id-id/reports/data-breach>
- [2] D. A. Meko, "Perbandingan Algoritma DES, AES, IDEA Dan Blowfish dalam Enkripsi dan Dekripsi Data," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 4, no. 1, Jul. 2018, doi: 10.54914/jtt.v4i1.110.
- [3] D. Pradeka, "Implementasi Aplikasi Kriptografi Berbasis Android Menggunakan Metode Substitusi dan Permutasi," *In Search – Informatic, Science, Entrepreneur, Applied Art, Research, Humanism*, vol. 18, no. 2580–3239, pp. 161–168, Apr. 2019, Accessed: Jun. 14, 2025. [Online]. Available: <http://repository.unibi.ac.id/id/eprint/158>
- [4] B. L. Ananya, V. Nikhitha, S. Arjun, and N. C. Gowda, "Survey of applications, advantages, and comparisons of AES encryption algorithm with other standards," *International Journal of Computational Learning & Intelligence*, 2023, vol. 2, pp. 87–98, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7921019>.
- [5] Mukhtar and Harun, *Kriptografi untuk Keamanan Data*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish, 2018. Accessed: Jun. 12, 2025. [Online]. Available: <https://harumanja.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/harun-mukhtar-buku-sample.pdf>
- [6] Rosdiana, "Sekuritas Sistem Dengan Kriptografi," *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 3, no. 1, pp. 21–32, Sep. 2018, doi: 10.24256/jpmipa.v3i1.216.
- [7] F. Ramadhana, V. R. Ana, V. A. Aprilyan, M. F. Akbar, P. H. Nadia, and F. A. Akbar, "Aplikasi Manajemen Perpustakaan Menggunakan Java Swing," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Robotika*, vol. 5, no. 1, pp. 9–19, Jun. 2023, doi: 10.33005/jifti.v5i1.176.
- [8] S. Usman, J. Jeffry, and F. Aziz, "Pengembangan Absensi berbasis Mobile Aplikasi pada Badan Kepegawaian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kabupaten Bone," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 7, no. 2, pp. 108–112, Dec. 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i2.437.

- [9] R. Maulana, A. Voutama, and T. Ridwan, "Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi MyPertamina pada Google Play Store menggunakan Algoritma NBC," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 9, no. 1, pp. 42–48, Jul. 2023, doi: 10.54914/jtt.v9i1.609.
- [10] M. R. Andriyanto and P. Sukmasetya, "Penerapan Algoritma Advanced Encryption Standard (AES) Untuk Keamanan Data Transaksi Pada Sistem E-Marketplace," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, pp. 179–187, Nov. 2022, doi: 10.47065/josyc.v4i1.2451.
- [11] I. M. A. Bhaskara, M. P. A. Ariawan, I. B. A. Peling, and I. P. A. Prayudha, "Studi Literatur: Analisa Perbandingan Teori Tentang Tingkat Keamanan Antar Algoritma Simetris," *Jurnal Bangkit Indonesia*, vol. 13, no. 1, pp. 40–45, Mar. 2024, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v13i1.278.
- [12] A. Hermawan, M. Novianto Anggoro, D. Lozera Devi, and A. Faruqi, "Studi Literatur: Ancaman Serangan Siber Artificial Intelligence (AI) terhadap Keamanan Data di Indonesia," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sistem Informasi (SITASI)*, no. ISSN (Online) 2828-786X, pp. 581–591, Sep. 2023, doi: <https://doi.org/10.33005/sitasi.v3i1.363>.
- [13] A. Anggraini, A. Sayuti, A. Dwiyono, and Q. Ilahi, "Implementasi Aplikasi Netbeans untuk Pengolahan Data Barang pada Percetakan Duta Yuzaka Permai," *Jurnal Surya Informatika*, vol. 15, no. 1, pp. 9–14, May 2025, doi: 10.48144/suryainformatika.v15i1.2068.
- [14] B. Haryanto, A. Ardiansyah, and M. Kurniasih, "Pengenal Database NoSQL dan Perbandingannya dengan Database Relasional," *Jurnal IPSIKOM*, vol. 12, no. 1, p. 2024, Jun. 2024, doi: <https://doi.org/10.58217/ipsikom.v12i1.272>.
- [15] T. S. Shazhaq *et al.*, "Analisa Penyandian File Dokumen Kriptografi Menggunakan Advanced Encryption Standard (AES)," *Jurnal Kendali Teknik dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 103–115, Apr. 2023, doi: 10.59581/jkts-widyakarya.v1i2.314.
- [16] T. A. Kurniawan, "Pemodelan Use Case (UML): Evaluasi Terhadap beberapa Kesalahan dalam Praktik," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 1, pp. 77–86, Mar. 2018, doi: 10.25126/jtiik.201851610.
- [17] M. R. Fiqryansyah dan I. Hermawan, "Rancang Bangun Aplikasi Website Percetakan Printop Pada Modul Costumer Dan Editor Dengan Metode Pengembangan Waterfall ", *j. teknologi terpadu*, vol. 6, no. 2, hlm. 72–78, Des 2020.
- [18] T. P. Batubara, S. Efendi, and E. B. Nababan, "Analysis Performance BCrypt Algorithm to Improve Password Security from Brute Force," *J. Phys*, p. 12129, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1811/1/012129.



AUGMENTED REALITY PENGENALAN PERALATAN TRADISIONAL BALI PADA MUSEUM SUBAK MASCETTI BERBASIS ANDROID

I Gusti Ayu Agung Mas Aristamy¹, Putu Risanti Iswardani², Ni Ketut Utami Nilawati³

^{1,2,3}Prodi Informatika, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia (INSTIKI)
 Denpasar, Bali, Indonesia 80225

agungmas.aristamy@instiki.ac.id, puturisiwardani@instiki.ac.id, utami.nilawati@instiki.ac.id

Abstract

The Android-based Augmented Reality (AR) application for introducing Balinese traditional tools at the Subak Mascetti Museum was developed as an interactive information and educational medium. This research was motivated by limited information dissemination channels, damage to several traditional tools, and the low level of public knowledge about the history and functions of Balinese traditional tools. These conditions have led to the underutilization of museum collections as cultural learning resources. This study aims to develop an AR application that presents information on traditional tools in a visual, interactive, and easily understandable manner. The method used is Marker-Based Tracking to display ten 3D models of traditional tools in real time, complemented by museum history information, audio explanations, and bilingual features in Indonesian and English. Application effectiveness testing was conducted to evaluate system performance. The results show an effectiveness score of 85.6%, categorized as very effective. Based on these results, it can be concluded that the developed AR application enhances user understanding and has strong potential as an educational medium to support the preservation of Balinese culture and traditional tools at the Subak Mascetti Museum.

Keywords: Android, Augmented Reality, Marker Based Tracking, Museum, Subak

Abstrak

Aplikasi *Augmented Reality* (AR) pengenalan peralatan tradisional Bali pada Museum Subak Mascetti berbasis Android dikembangkan sebagai media informasi dan edukasi interaktif. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan media penyampaian informasi, kondisi beberapa peralatan tradisional yang mengalami kerusakan, serta rendahnya tingkat pengetahuan masyarakat mengenai sejarah dan fungsi peralatan tradisional Bali. Kondisi tersebut menyebabkan koleksi museum belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber pembelajaran budaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR yang mampu menyajikan informasi peralatan tradisional secara visual, interaktif, dan mudah dipahami. Metode yang digunakan adalah *Marker-Based Tracking* untuk menampilkan sepuluh objek 3D peralatan tradisional secara *real time*, dilengkapi informasi sejarah museum, audio penjelasan, serta fitur dua bahasa, yaitu Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Pengujian efektivitas aplikasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang dikembangkan. Hasil pengujian menunjukkan nilai efektivitas sebesar 85,6% dengan kategori sangat efektif. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa aplikasi AR ini mampu meningkatkan pemahaman pengguna dan berpotensi menjadi media edukatif yang efektif dalam mendukung pelestarian budaya serta peralatan tradisional Bali di Museum Subak Mascetti.

Kata kunci: Android, Augmented Reality, Marker Based Tracking, Museum, Subak

1. PENDAHULUAN

Bali merupakan salah satu pulau di Indonesia yang hingga kini masih mempertahankan kekayaan serta keaslian warisan budayanya. Salah satu warisan budaya penting yang dimiliki Bali adalah Subak, yaitu organisasi tradisional petani yang berperan dalam mengelola sistem irigasi sawah di wilayah tertentu [1]. Sebagai bagian dari identitas budaya Bali, Subak memiliki nilai historis, sosial, dan filosofis yang tinggi sehingga keberadaannya perlu terus dilestarikan dan

diperkenalkan kepada masyarakat luas. Salah satu upaya pelestarian tersebut dilakukan melalui Museum Subak, yang berfungsi sebagai sarana edukasi dan penyimpanan berbagai artefak budaya.

Museum Subak Mascetti merupakan salah satu museum yang masih aktif dalam melestarikan budaya Subak. Museum ini menampilkan berbagai koleksi peralatan pertanian tradisional, seperti miniatur alat pertanian, lukisan

skema irigasi Subak, replika rumah petani tradisional Bali, serta ruang pertemuan. Tujuan pendirian museum ini adalah untuk mengumpulkan, melestarikan, dan menyajikan artefak serta data yang memiliki nilai sejarah sebagai sarana penelitian dan edukasi bagi masyarakat [2]. Dengan keberadaan museum ini, diharapkan masyarakat dapat memahami peran penting Subak dalam kehidupan masyarakat Bali.

Namun, peran Museum Subak Mascetti sebagai media edukasi budaya belum berjalan secara optimal. Berdasarkan hasil survei terhadap 60 responden, diketahui bahwa 66,7% masyarakat asli Gianyar hanya mengetahui keberadaan museum tanpa memahami isinya, 83,3% belum memahami sejarah museum, dan 71,7% belum mengenal jenis-jenis peralatan tradisional Bali yang dipamerkan. Data tersebut menunjukkan rendahnya tingkat pemahaman masyarakat terhadap sejarah dan peralatan tradisional Bali meskipun museum telah tersedia sebagai sumber informasi. Selain itu, hasil observasi menunjukkan bahwa beberapa peralatan tradisional, seperti *saab*, *rundu*, dan *ani-ani*, mengalami kerusakan atau kerapuhan, bahkan sebagian telah kehilangan komponen kecil. Kondisi ini diperparah dengan keterbatasan informasi yang tersedia, karena sebagian besar alat hanya dilengkapi dengan label nama tanpa penjelasan fungsi dan nilai historisnya. Permasalahan lain yang turut menjadi kendala adalah keterbatasan akses bagi masyarakat luar daerah serta individu dengan keterbatasan fisik untuk mengunjungi museum secara langsung.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa media informasi konvensional yang digunakan saat ini belum mampu menyampaikan informasi budaya secara efektif, menarik, dan berkelanjutan. Apabila kondisi ini terus dibiarkan, maka pemahaman masyarakat terhadap peralatan tradisional Bali dan nilai budaya Subak berpotensi semakin menurun, yang pada akhirnya dapat berdampak pada melemahnya upaya pelestarian budaya lokal.

Oleh karena itu, diperlukan inovasi media informasi yang mampu menyajikan koleksi museum secara interaktif dan mudah diakses. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah *Augmented Reality* (AR), yaitu teknologi yang menggabungkan objek virtual dua atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata dan menampilkannya melalui media kamera [3]. Penerapan teknologi AR memungkinkan visualisasi objek peralatan tradisional dalam bentuk tiga dimensi yang dilengkapi dengan informasi tambahan mengenai fungsi dan sejarahnya [4]. Dengan demikian, teknologi AR diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan pemahaman masyarakat, memperluas akses informasi, serta mendukung pelestarian budaya Subak di Museum Subak Mascetti.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah digunakan untuk berbagai penelitian, yaitu dilakukan oleh Irfansyah dan Anifah dalam jurnal berjudul “Media Pembelajaran Pengenalan Hewan untuk Siswa Sekolah Dasar

Menggunakan *Augmented Reality* Berbasis Android”. Penelitian tersebut mengidentifikasi permasalahan utama pada media pembelajaran konvensional yang umumnya masih berbasis buku teks. Sehingga tujuan pembelajaran sulit tercapai, serta materi yang cenderung kurang menarik dan usang akibat penggunaan jangka panjang yang menyebabkan informasi di dalamnya tidak lagi relevan dengan kebutuhan peserta didik. Sebagai solusi, penelitian tersebut mengusulkan pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk menyajikan materi pembelajaran yang interaktif, dan inovatif, sehingga mampu menambah minat belajar siswa terhadap materi yang disampaikan [5].

Penelitian kedua oleh Rianto berjudul “Pengenalan Alat Musik Tradisional Lampung Menggunakan *Augmented Reality* Berbasis Android”. Studi ini menemukan bahwa proses pembelajaran alat musik tradisional Lampung masih menghadapi kendala karena guru hanya mengandalkan buku teks sebagai media utama. Hal tersebut membuat siswa sulit memahami bentuk dan detail alat musik, karena mereka hanya melihat gambar dua dimensi di buku tanpa pengalaman visual yang lebih nyata. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang lebih menarik, interaktif, dan sesuai dengan kurikulum, sehingga dapat membantu siswa mengenali bentuk, fungsi, serta cara memainkan alat musik tradisional Lampung secara lebih jelas [6].

Penelitian ketiga dilakukan oleh Fadhilah dkk. dalam jurnal berjudul “*Augmented Reality* sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Buah untuk Anak Usia Dini Berbasis Android”. Penelitian tersebut mengangkat permasalahan terkait kecanduan bermain *game* pada anak-anak, yang berdampak pada menurunnya minat baca serta gangguan pada perkembangan perilaku dan kebiasaan belajar. Anak yang mengalami kecanduan *game* cenderung menunjukkan gejala seperti terus-menerus memikirkan permainan, peningkatan durasi bermain, menggunakan *game* sebagai pelarian dari masalah, dan berbagai dampak negatif lainnya. Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini menekankan pentingnya pengembangan media pembelajaran interaktif yang mampu menarik minat anak melalui pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR). Teknologi ini dapat membantu menyampaikan informasi secara menarik dan kontekstual, sekaligus merangsang kemampuan berpikir anak dalam proses pembelajaran [7].

Penelitian keempat dilakukan oleh Khairina dkk. dalam jurnal berjudul “Media Pengenalan Makanan Khas Daerah Sumatera Menggunakan Teknologi *Augmented Reality* Berbasis Android”. Penelitian tersebut menyoroti permasalahan bahwa saat ini pengetahuan masyarakat Indonesia terhadap makanan khas daerah semakin menurun. Media promosi yang umumnya menggunakan gambar dua dimensi (2D) dinilai kurang menarik dan belum memanfaatkan kemajuan teknologi yang ada. Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan pengembangan media

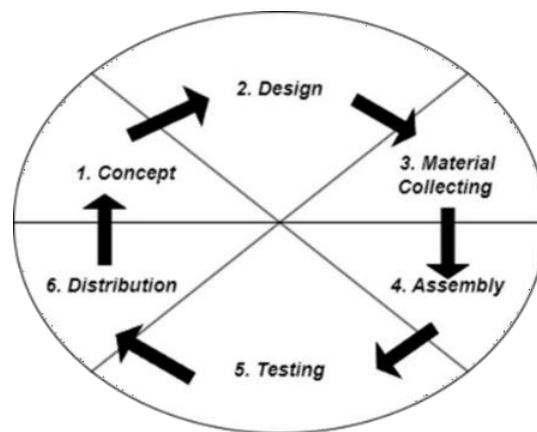
promosi interaktif dan menarik dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* (AR). Teknologi ini diharapkan mampu menghadirkan pengalaman yang lebih imersif dan menyenangkan, sehingga masyarakat dapat mengenal dan memahami makanan khas daerah dengan cara yang lebih menarik dan efektif [8]

Penelitian kelima oleh Anila dan Adri, yang dipublikasikan dalam jurnal berjudul “Pengenalan Kesenian Alat Musik Tradisional Sumatera Barat Dengan *Augmented Reality* Berbasis *Mobile Device*” menemukan bahwa proses pembelajaran masih didominasi metode ceramah yang hanya menekankan aspek kognitif. Akibatnya, siswa tidak mendapatkan pengalaman bermusik secara langsung sehingga minat mereka terhadap materi menjadi rendah. Untuk menjawab permasalahan tersebut, peneliti merancang aplikasi *Augmented Reality* (AR) yang mampu menampilkan visualisasi interaktif alat musik tradisional Sumatera Barat. Media ini diharapkan berfungsi sebagai sarana pembelajaran sekaligus upaya pelestarian budaya yang memungkinkan siswa memahami dan mengenali alat musik tradisional daerah mereka dengan cara yang lebih menarik dan imersif [9].

Penelitian ini menggunakan teknologi AR berbasis Android, karena sistem operasi ini bersifat *open source* dan banyak digunakan masyarakat [10]. Melalui aplikasi AR berbasis Android, peralatan tradisional Bali yang ada di Museum Subak Mascetti dapat diperkenalkan secara interaktif dan menarik. Fitur yang dikembangkan dirancang agar *user-friendly*, sehingga mudah digunakan oleh pengunjung maupun masyarakat umum, termasuk siswa sekolah. Penerapan AR diharapkan dapat membantu pelestarian budaya serta memperkuat pendidikan budaya bagi generasi muda. Selain itu, AR juga dapat mendukung pembelajaran jarak jauh, memberikan kesempatan bagi masyarakat yang tidak dapat mengunjungi museum secara fisik [11]. Secara keseluruhan, pemanfaatan teknologi AR di Museum Subak Mascetti membuka peluang untuk mengintegrasikan unsur pendidikan, pelestarian budaya, dan inovasi teknologi guna menciptakan pengalaman yang edukatif dan berkesan bagi pengunjung maupun masyarakat luas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) sebagai kerangka dasar dalam proses pembuatannya. Pemilihan MDLC didasarkan pada kesesuaiannya untuk mengembangkan aplikasi multimedia yang melibatkan berbagai elemen, seperti gambar, *audio*, *video*, animasi, dan komponen interaktif lainnya. Metode ini terdiri dari enam tahap yang berlangsung secara berurutan, yaitu Konsep (*Concept*), Perancangan (*Design*), Pengumpulan Materi (*Material Collecting*), Pembuatan (*Assembly*), Pengujian (*Testing*), serta Distribusi (*Distribution*). Setiap tahapan memiliki fungsi penting untuk memastikan aplikasi yang dikembangkan memenuhi standar kualitas dan kebutuhan pengguna. Alur tahapan MDLC dapat dilihat pada Gambar 1 [12].



Gambar 1. Alur *Multimedia Development Life Cycle*

2.1 Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data primer maupun sekunder sebagai sumber informasi penunjang. Teknik yang digunakan mencakup wawancara, observasi, dan kuesioner. Ketiga metode tersebut dipilih untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam dan menyeluruh mengenai objek penelitian [13].

a) Wawancara

Wawancara dilakukan dengan Kepala Museum Subak Mascetti untuk menggali berbagai kendala yang dihadapi dalam pengelolaan museum. Berdasarkan hasil wawancara, beberapa permasalahan yang ditemukan antara lain terkait dengan kunjungan yang tidak efektif, terutama dari kelompok pelajar tingkat SD, SMP, dan SMA yang datang pada waktu jeda kegiatan belajar. Selain itu, jam operasional museum yang berlangsung dari hari Senin hingga Jumat hingga pukul 15.00 juga menjadi salah satu keterbatasan dalam menerima kunjungan. Permasalahan teknis seperti gangguan listrik dan air yang tidak berfungsi secara optimal turut menjadi hambatan operasional. Namun, permasalahan utama yang dihadapi museum adalah rendahnya tingkat kesadaran dan kunjungan masyarakat. Sebagian besar warga sekitar belum pernah mengunjungi museum dan tidak mengetahui koleksi atau isi di dalamnya, sehingga hanya sekadar mengenal museum tersebut dari keberadaannya saja.

b) Observasi

Observasi langsung dilakukan di Museum Subak Mascetti dengan tujuan untuk mengidentifikasi berbagai aktivitas serta koleksi yang terdapat di dalamnya. Berdasarkan hasil observasi, museum ini menyimpan beragam peralatan tradisional yang memiliki nilai sejarah tersendiri. Beberapa di antaranya meliputi arit, ani-ani, penampad, caluk, patil besar, cangkul, bakul, bubu udang, tempeh, gergaji, kampak, bajak, lesung, dan garu, serta berbagai peralatan tradisional lainnya. Selain koleksi fisik, museum ini juga menampilkan visualisasi sistem Subak dalam bentuk diorama. Diorama tersebut merupakan miniatur tiga

dimensi yang menggambarkan suasana atau kegiatan tertentu secara mendetail [14]. Beberapa jenis diorama yang terdapat di museum antara lain diorama kawasan Subak, diorama distribusi air irigasi, diorama mobilisasi sumber daya, diorama pemeliharaan saluran irigasi, diorama kegiatan ritual Subak, serta diorama penanganan konflik dalam sistem Subak.

c) Kuesioner

Pengumpulan data melalui kuesioner dilakukan dengan cara mencetak dan membagikannya secara langsung kepada masyarakat di wilayah Gianyar. Kuesioner disebarluaskan kepada masyarakat Gianyar, Siswa SMA/SMK di sekitar Gianyar, serta Mahasiswa yang berada di sekitar Gianyar. Kuesioner tersebut berisi sejumlah pertanyaan yang berkaitan dengan informasi yang diperlukan untuk proses pengembangan aplikasi. Berdasarkan hasil pengisian oleh 60 responden, diperoleh data bahwa 58,3% di antaranya merupakan penduduk asli Gianyar, 66,7% mengetahui keberadaan Museum Subak Mascetti, namun 83,3% tidak mengetahui sejarah museum tersebut. Selain itu, 68,3% responden belum pernah mengunjungi museum, dan 71,7% tidak mengetahui jenis peralatan tradisional yang terdapat di dalamnya. Menariknya, sebanyak 90% responden menyatakan setuju apabila peralatan tradisional yang ada di Museum Subak Mascetti dilestarikan melalui pemanfaatan teknologi digital.

2.2 Metode Pengujian Sistem

Metode pengujian dalam penelitian ini menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ). Pendekatan UEQ dimanfaatkan untuk menilai tingkat kepuasan serta kenyamanan pengguna terhadap fitur-fitur dalam suatu produk, sistem, atau layanan. Melalui metode ini, peneliti dapat menilai pengalaman pengguna secara komprehensif berdasarkan persepsi dan interaksi mereka dengan aplikasi yang telah dibuat [15].

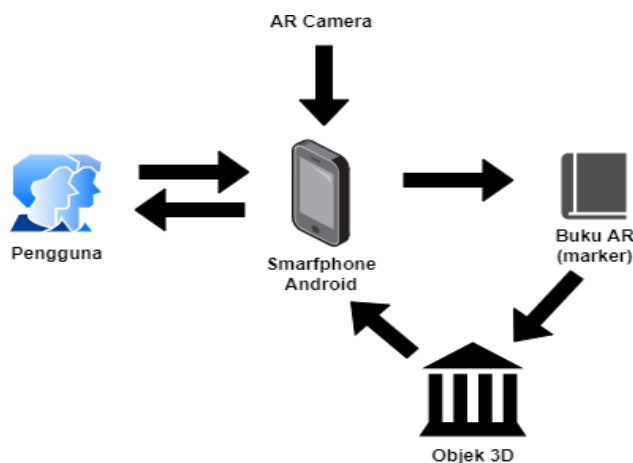
2.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada penelitian ini yaitu membuat konsep berupa Gambaran Umum Sistem, membuat desain *Unified Modeling Language* (UML), Mengumpulkan dan membuat Asset Marker 3D, Pembuatan Sistem dan Pengujian sistem dengan menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ).

a) Gambaran Umum Sistem

Teknologi *Augmented Reality* (AR) kini semakin banyak digunakan sebagai sarana untuk memperkenalkan sekaligus melestarikan berbagai warisan budaya di berbagai belahan dunia. AR menawarkan cara yang unik dan menarik untuk menyajikan informasi budaya melalui pengalaman interaktif bagi penggunanya. Salah satu contohnya adalah pengembangan aplikasi Pengenalan Peralatan Tradisional

Bali di Museum Subak Mascetti. Aplikasi ini dibuat untuk dapat digunakan pada perangkat Android dengan sistem operasi minimal Android 11. Alur kerja serta gambaran sistem dari aplikasi AR tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Proses Interaksi Aplikasi dengan Pengguna

b) Unified Modeling Language (UML)

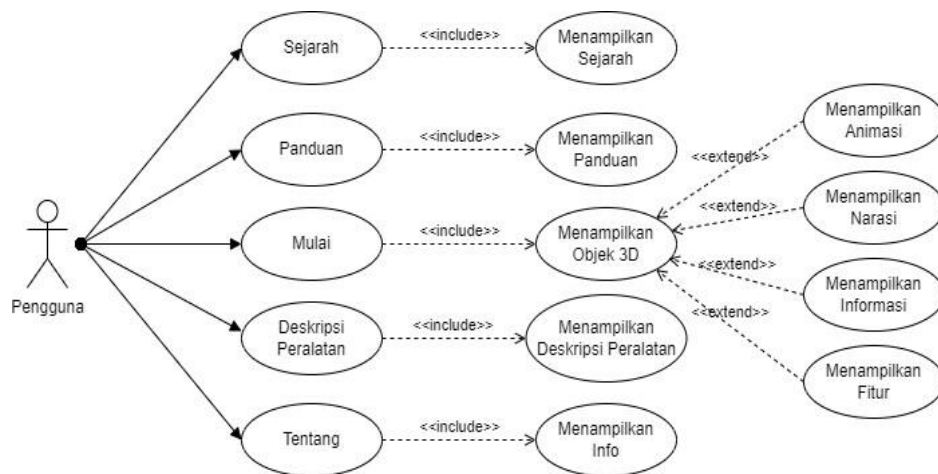
Unified Modeling Language (UML) adalah bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk menggambarkan dan menyampaikan desain suatu sistem melalui serangkaian diagram dan teks pendukung. UML dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan pemodelan visual yang berfungsi dalam proses spesifikasi, visualisasi, pembangunan, serta pendokumentasian perangkat lunak [16]. Pada penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan pemodelan UML dengan dua jenis diagram, yaitu *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*.

1) Use Case Diagram Alur Utama Aplikasi

Pada alur diagram ini, ketika aplikasi dijalankan, pengguna akan disajikan beberapa pilihan menu utama, yaitu Sejarah, Panduan, Mulai, Deskripsi Peralatan, dan Tentang. Menu Sejarah menampilkan informasi mengenai latar belakang dan sejarah Museum Subak Mascetti, sedangkan menu Panduan berisi petunjuk penggunaan aplikasi AR Subak.

Selanjutnya, ketika pengguna memilih menu Mulai, aplikasi akan menampilkan daftar peralatan yang dapat dipindai menggunakan kamera AR. Ketika *marker* terdeteksi oleh kamera, sistem akan menampilkan objek 3D disertai dengan informasi penjelasan dalam bentuk *audio dubbing*. Menu Deskripsi Peralatan menampilkan daftar peralatan beserta informasi terkait sejarah dan fungsinya masing-masing. Sementara itu, menu Tentang memuat informasi mengenai pihak-pihak yang berkontribusi dalam pengembangan aplikasi AR Subak.

Gambaran lengkap mengenai alur utama aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3, yang menunjukkan *Use Case Diagram* sistem secara keseluruhan.

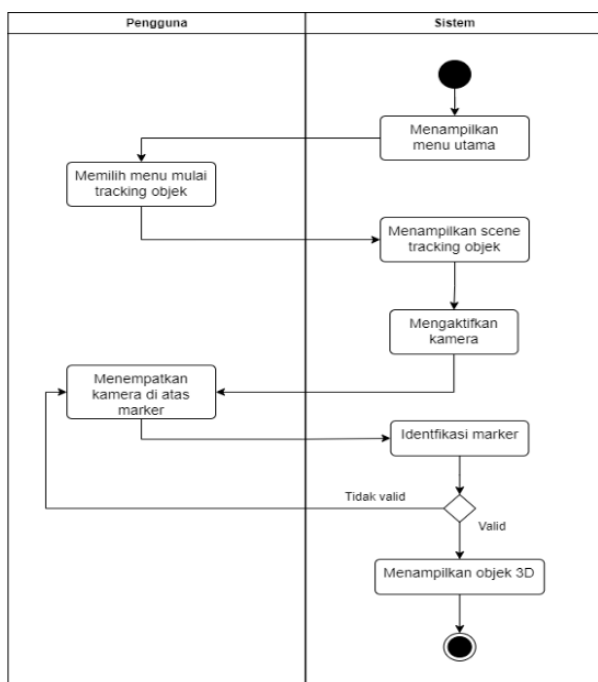


Gambar 3. Use Case Diagram Alur Utama Aplikasi

2) Activity Diagram Alur Utama Aplikasi

Pada alur diagram ini, ketika aplikasi dijalankan, sistem terlebih dahulu menampilkan menu utama. Pengguna kemudian memilih fitur Mulai *Tracking Objek*, setelah itu sistem menampilkan *scene* untuk pelacakan objek dan secara otomatis mengaktifkan kamera perangkat. Berikutnya, pengguna diarahkan untuk mengarahkan kamera ke *marker* yang telah disediakan. Sistem akan melakukan proses identifikasi *marker*; apabila *marker* tidak terbaca atau tidak *valid*, pengguna diminta menyesuaikan posisi kamera hingga *marker* dapat dikenali dengan benar. Jika *marker* berhasil diverifikasi, sistem akan menampilkan objek 3D secara *real time*.

Keseluruhan alur proses utama pada aplikasi ini divisualisasikan dalam *Activity Diagram* yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Activity Diagram, Alur Utama Aplikasi

c) Asset Marker 3D

Teknologi *Augmented Reality* (AR) yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan konsep *Markerless Augmented Reality*, yaitu metode yang memungkinkan pemunculan elemen *digital* tanpa membutuhkan *marker* fisik. Pada implementasinya, *Markerless AR* menyatukan objek virtual dengan lingkungan nyata, di mana objek virtual dapat berupa elemen 2D maupun 3D, sedangkan objek nyata dapat berupa gambar atau pola tertentu. Tidak seperti *Marker-Based AR* yang bergantung pada *marker* bergambar, teknologi *Markerless* memanfaatkan *Face Tracking*, *3D Object Tracking*, *Motion Tracking*, serta *GPS-Based Tracking* untuk menampilkan informasi atau objek digital. [17].

Pada aplikasi ini, digunakan sebanyak 15 aset digital, di mana 10 di antaranya merupakan kombinasi antara *marker* dan objek 3D yang ditampilkan dalam aplikasi. Jumlah aset dibatasi karena beberapa peralatan tradisional Bali yang dirancang belum dilengkapi dengan informasi fungsi dari masing-masing alat tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Augmented Reality* (AR) mampu memberikan solusi terhadap berbagai permasalahan yang ditemukan di Museum Subak Mascetti, seperti keterbatasan informasi, kerusakan pada beberapa peralatan tradisional, serta rendahnya tingkat pengetahuan masyarakat mengenai sejarah dan fungsi peralatan tradisional Bali. Dibandingkan dengan penelitian serupa yang berfokus pada pengenalan hewan, makanan khas, maupun alat musik tradisional [18], [19], aplikasi ini memiliki sejumlah keunggulan, antara lain:

- Fitur dua bahasa (Indonesia-Inggris) yang memperluas jangkauan pengguna, khususnya bagi wisatawan mancanegara yang ingin mempelajari budaya Bali.

- b) Integrasi suara (*dubbing*) yang memberikan pengalaman belajar lebih interaktif dan menarik melalui penjelasan audio informatif.
- c) Representasi objek 3D dari peralatan rapuh, sehingga memungkinkan pengunjung untuk mempelajari koleksi tanpa risiko merusak benda asli yang bernilai historis tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian yang menunjukkan tingkat efektivitas sangat baik, aplikasi *Augmented Reality* (AR) ini memiliki potensi besar sebagai media pendukung dalam upaya pelestarian budaya Bali. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu jumlah peralatan tradisional yang dimodelkan dalam bentuk objek 3D masih terbatas pada sepuluh objek. Keterbatasan tersebut disebabkan oleh minimnya ketersediaan informasi dan dokumentasi yang jelas, serta kondisi fisik beberapa peralatan tradisional yang telah mengalami kerusakan, sehingga tidak memungkinkan untuk dimodelkan secara akurat. Untuk penelitian selanjutnya, pengembangan aplikasi dapat difokuskan pada penambahan koleksi objek 3D, pengayaan fitur interaktif, serta perluasan distribusi aplikasi melalui integrasi dengan museum virtual atau platform edukasi daring. Dengan demikian, aplikasi ini diharapkan dapat menjangkau audiens yang lebih luas dan meningkatkan nilai edukatifnya.

3.1 Implementasi User Interface Sistem

Implementasi aplikasi *Augmented Reality* (AR) menghasilkan sebuah sistem berbasis Android yang dapat menampilkan objek 3D dari peralatan tradisional Bali dengan memanfaatkan *marker* sebagai penanda. Perancangan antarmuka pengguna (*User Interface*) dilakukan menggunakan *Unity*, sebuah *game engine* yang memiliki keunggulan kompetitif dibandingkan *engine* lainnya di pasaran. *Unity* menyediakan fitur *drag-and-drop* dalam alur kerja visual serta mendukung pemrograman dengan bahasa C#, yang telah banyak dikenal oleh para pengembang perangkat lunak. Selain itu, *Unity* mampu menangani pengembangan grafis 2D maupun 3D dan dilengkapi dengan berbagai alat yang terus diperbarui, sehingga menjadikannya platform yang efisien dan fleksibel untuk pengembangan aplikasi interaktif [20].

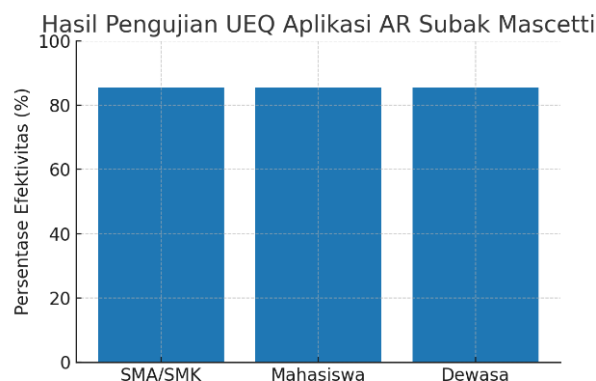
Pada halaman utama aplikasi, tersedia lima fitur utama, yaitu Menu Mulai, Panduan, Sejarah, Deskripsi Peralatan, dan Tentang. Aplikasi ini juga menyediakan opsi pemilihan bahasa, yakni Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, sehingga dapat digunakan dengan lebih mudah oleh pengguna lokal maupun internasional. Tampilan antarmuka pengguna (*User Interface*) hasil implementasi sistem ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Implementasi User Interface

3.2 Pengujian User Experience Questionnaire (UEQ)

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ) dan melibatkan 60 responden dari tiga kelompok pengguna, yaitu siswa SMA/SMK, mahasiswa, serta orang dewasa. Dari hasil pengisian kuesioner, diperoleh rata-rata nilai efektivitas sebesar 85,6%, yang tergolong dalam kategori sangat efektif. Hasil tersebut ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian UEQ Efektivitas

Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi tidak hanya berhasil memberikan pengalaman interaktif bagi pengguna, tetapi juga memiliki potensi sebagai media edukasi yang menarik dan informatif, khususnya dalam memperkenalkan budaya dan peralatan tradisional Bali.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba serta rangkaian pengujian yang telah dilakukan terhadap aplikasi *Augmented Reality* Pengenalan Peralatan Tradisional Bali pada Museum Subak Mascetti berbasis Android, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a) Penerapan teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam memperkenalkan peralatan tradisional Bali dimulai dengan mengidentifikasi berbagai permasalahan yang dialami pihak museum, seperti kerusakan pada sejumlah koleksi dan minimnya pengetahuan

pengunjung. Proses pengembangan mencakup tahap pengumpulan data, pembuatan *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*, serta perancangan antarmuka pengguna (UI). Selanjutnya, aplikasi diuji menggunakan metode *User Experience Questionnaire* (UEQ) untuk menilai tingkat efektivitasnya.

- b) Aplikasi AR Subak menyediakan lima menu utama, yakni Mulai, Panduan, Sejarah, Deskripsi Peralatan, dan Tentang. Selain itu, aplikasi dilengkapi tombol Play yang berfungsi menampilkan deskripsi serta audio (*dubbing*) dari peralatan tradisional Bali yang terdeteksi. Aplikasi ini juga mendukung dua pilihan bahasa untuk meningkatkan kemudahan akses bagi berbagai pengguna.
- c) Pengujian efektivitas UEQ dilakukan dengan melibatkan 30 responden dari tiga kelompok pengguna: 10 siswa SMA/SMK (usia 16–18 tahun), 10 mahasiswa (usia 20–22 tahun), dan 10 orang dewasa (usia 40–61 tahun). Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan skala Likert, diperoleh nilai 85,6%, yang termasuk dalam kategori sangat efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. A. A. Suryawati and I. G. N. N. Santhiarsa, "Literasi Budaya Bali: Kajian Filsafat Ilmu tentang Keadilan dalam Sistem Subak," *Jurnal Nomosleca*, vol. 6, no. 1, Apr. 2020, doi: 10.26905/nomosleca.v6i1.3960.
- [2] I. W. A. A. Budi, N. W. Mekarini, and S. Jokosaharjo, "Strategi Pengembangan Museum Subak Tabanan Sebagai Daya Tarik Wisata Budaya," *Journal of Tourism and Interdisciplinary Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 45–53, Jul. 2021, doi: 10.51713/jotis.v1i1.51.
- [3] I. P. Sari, I. H. Batubara, A. H. Hazidar, and M. Basri, "Pengenalan Bangun Ruang Menggunakan Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 4, pp. 209–215, Dec. 2022, doi: 10.56211/helloworld.v1i4.142.
- [4] H. Hermawan, R. Waluyo, and M. Ichsan, "Pengembangan Media Pembelajaran Mesin Menggunakan Teknologi Augmented Reality," *Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, Dec. 2019, doi: 10.35970/jinita.v1i01.88.
- [5] J. Irfansyah, "Media Pembelajaran Pengenalan Hewan Untuk Siswa Sekolah Dasar Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 9–17, Mar. 2017, doi: 10.26740/jieet.v1n1.p9-17.
- [6] N. Asrori, A. T. Prastowo, and A. D. Putra, "Media Pembelajaran Olahraga Senam Lantai Dengan Augmented Reality Berbasis Android," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, vol. 2, no. 4, pp. 559–569, 2021.
- [7] M. D. Fadhilah, S. H. Al Ikhsan, and P. Eosina, "Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Buah untuk Anak Usia Dini Berbasis Android," *TECHNOVATAR Jurnal Teknologi, Industri dan Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 34–42, 2023, doi: 10.61434/technovatar.v1i1.90.
- [8] W. Alexandra, A. D. Putra, and A. S. Puspanigrum, "Penerapan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android Untuk Pembelajaran Rantai Makanan Pada Hewan," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–24, 2022.
- [9] N. Anila and M. Adri, "Pengenalan Kesenian Alat Musik Tradisional Sumatera Barat Dengan Augmented Reality Berbasis Mobile Device," *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 35–47, 2022.
- [10] S. Ahdan, "Perancangan Learning Media For Basic Techniques Of Volleyball Using Android-Based Augmented Reality Technology," *Inovasi Pembangunan : Jurnal Kelitbangsan*, vol. 8, no. 03, p. 221, Dec. 2020, doi: 10.35450/jip.v8i03.207.
- [11] N. Rianto, A. Sucipto, and R. D. Gunawan, "Pengenalan Alat Musik Tradisional Lampung Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android (Studi Kasus: SDN 1 Rangai Tri Tunggal Lampung Selatan)," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, vol. 2, no. 1, Mar. 2021.
- [12] A. Rahmatika, A. A. Manurung, and F. Ramadhani, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Empati Anak Usia Dini dengan Metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle)," *sudo j. Teknik inform.*, vol. 2, no. 3, pp. 122–130, Sep. 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i3.330.
- [13] S. A. Mazhar, "Methods of Data Collection: A Fundamental Tool of Research," *Journal of Integrated Community Health*, vol. 10, no. 1, pp. 6–10, Jun. 2021, doi: 10.24321/2319.9113.202101.
- [14] D. Puspita, L. Arya Wardana, S. Hattarina, and R. P. S., "Pengembangan Media Diorama Materi Fotosintesis Berbasis Ar Meningkatkan Pemahaman Berfikir Kritis Siswa Dalam Pembelajaran IPAS Kelas IV di SDN PILANG 1," *Journal Educational Research and Development*, vol. 1, no. 3, pp. 351–363, 2025.

- [15] F. Fernando, "Perancangan User Interface (UI) & User Experience (UX) Aplikasi Pencari Indekost Di Kota Padangpanjang," *TANRA: Jurnal Desain Komunikasi Visual Fakultas Seni dan Desain Universitas Negeri Makassar*, vol. 7, no. 2, pp. 101, Aug. 2020, doi: 10.26858/tanra.v7i2.13670.
- [16] F. Ramanda, J. Kurniawan, and D. Nur, "Augmented Reality Untuk Pembelajaran Pengenalan Rumah Adat Indonesia Berbasis Android," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (JUPTIK)*, vol. 1, no. 2, pp. 52–61, Dec. 2023, doi: 10.52060/juptik.v1i2.1660.
- [17] H. Setiawan, H. Mukhtar, and S. Soni, "Aplikasi Pengenalan Situs Bersejarah di Kota Pekanbaru dengan Augmented Reality Markerless Berbasis Android," *JURNAL FASILKOM*, vol. 9, no. 2, 2019, doi: 10.37859/jf.v9i2.1395.
- [18] F. K. Nst, I. Faisal, and K. Chiuloto, "Media Pengenalan Makanan Khas Daerah Sumatera Menggunakan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android," *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 6, no. 1, 2022.
- [19] Syaldanis and A. Kharisma, "Pengenalan Alat Musik Tradisional Bengkulu Menggunakan Augmented Reality," *Processor*, vol. 15, no. 2, pp. 127–134, Oct. 2020, doi: 10.33998/processor.2020.15.2.875.
- [20] S. Nasution, A. H. Nasution, and A. L. Hakim, "Pembuatan Plugin Tile-Based Game Pada Unity 3D," *IT Journal Research and Development*, vol. 4, no. 1, Aug. 2019, doi: 10.25299/itjrd.2019.vol4(1).3517.



SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: ARSITEKTUR, MEKANISME TEKNIS, DAN METRIK KINERJA PADA PENERAPAN BLOCKCHAIN DI SEKTOR KESEHATAN

Shesyl Yulia Noor Diwani¹, Cindy Jumaida², Daud Sihar Surung Putra Anugerah Daeli³, Natalis Pardamean Situmorang⁴, Anelka Winata Perangin - Angin⁵, Yohana Angeliana Sianturi⁶, Muhammad Abdillah Helmi Rasyid⁷, Sudarto⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Informatika, Universitas Mikroskil
Medan, Sumatera Utara, Indonesia 20212

shesyldwn@gmail.com, cindyjumaida@gmail.com, daudsihar@gmail.com, natalispsitumorang12@gmail.com, anelperanginangin@gmail.com, yohanasanturi083@gmail.com, abdillahrasyid030@gmail.com, sudarto@mikroskil.ac.id

Abstract

The widespread adoption of digital technology in the healthcare sector has driven the need for transparent, secure, and reliable data management systems, especially those for sensitive patient data and the drug supply chain. Blockchain technology is seen as a potential solution due to its decentralised, immutable, and transparent characteristics. This study aims to identify and analyse the use of blockchain technology in the healthcare sector, focusing on patient data transparency and the efficiency of pharmaceutical supply chains. Using the PRISMA-guided Systematic Literature Review (SLR) method, this research examines 18 Scopus-indexed articles (Q1–Q3) published between 2020 and 2025. The analysis shows that the Hyperledger Fabric platform and Permissioned Blockchain architecture dominate due to their efficiency and suitability for consortium-based systems. The main supporting technologies applied include smart contracts, IPFS-based off-chain storage, and consensus mechanisms such as PoA and PBFT. Empirically, the implementation of blockchain has been proven to improve transaction efficiency, supply chain traceability, and the integrity and security of patient data. However, technical challenges such as scalability, interoperability, and compliance with global privacy regulations remain obstacles. This study contributes by mapping healthcare blockchain architectures and technological trends, and by offering future research directions for performance optimisation and system adoption.

Keywords: Blockchain, Drug Supply Chain, Patient Data, PRISMA, Systematic Literature Review (SLR)

Abstrak

Implementasi teknologi digital secara masif di sektor kesehatan mendorong kebutuhan akan sistem pengelolaan data yang transparan, aman, dan dapat dipercaya, terutama terkait data pasien dan rantai pasok obat yang bersifat sensitif. Teknologi *blockchain* dipandang sebagai solusi potensial karena karakteristiknya yang terdesentralisasi, imutabel, dan transparan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis penggunaan teknologi *blockchain* di bidang kesehatan, dengan fokus pada transparansi data pasien serta efisiensi rantai pasok obat. Menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis pedoman PRISMA, penelitian ini menelaah 18 artikel terindeks Scopus (Q1-Q3) terbitan 2020-2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa *platform Hyperledger Fabric* dan arsitektur *Permissioned Blockchain* mendominasi karena efisiensi dan kesesuaiannya untuk sistem konsorsium. Teknologi pendukung utama yang diterapkan meliputi *smart contracts*, penyimpanan *off-chain* berbasis IPFS, serta mekanisme konsensus PoA dan PBFT. Secara empiris, penerapan *blockchain* terbukti memperbaiki efisiensi transaksi, keterlacakan rantai pasok, serta integritas dan keamanan data pasien. Namun, tantangan teknis seperti skalabilitas, interoperabilitas, dan kepatuhan regulasi privasi global masih menjadi hambatan. Kajian ini berkontribusi dalam memetakan arsitektur serta tren teknologi *blockchain* kesehatan, sekaligus menawarkan arah penelitian masa depan terkait optimalisasi kinerja dan adopsi sistem.

Kata kunci: Blockchain, Data Pasien, PRISMA, Rantai Pasok Obat, Systematic Literature Review (SLR)

1. PENDAHULUAN

Teknologi *blockchain* merupakan salah satu inovasi digital terpenting dalam dekade terakhir, karena kemampuannya menciptakan sistem pencatatan terdistribusi (*distributed ledger*) yang bersifat *immutable* (tidak dapat diubah), transparan, dan tahan manipulasi. Karakteristik tersebut menjadikannya solusi potensial untuk berbagai sektor, mulai keuangan hingga logistik dan layanan publik. Di bidang kesehatan, *blockchain* membuka peluang untuk memperkuat keamanan data, mempercepat pertukaran informasi antar-institusi, dan meningkatkan kepercayaan pengguna melalui desain sistem berbasis konsensus terdesentralisasi[1]. Dalam konteks transformasi digital layanan kesehatan, modalitas baru seperti *Internet of Medical Things* (IoMT) dan rekam medis elektronik (RME) memicu kebutuhan sistem yang tidak hanya efisien tetapi juga dapat menjamin keterlacakan dan auditabilitas data. Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang penerapan *blockchain* menjadi penting dalam kerangka evolusi ekosistem kesehatan digital.

Khususnya dalam sektor kesehatan, tantangan besar muncul terkait pengelolaan data pasien serta rantai pasok obat yang kompleks. Data pasien sering kali tersebar di berbagai sistem RME rumah sakit, laboratorium, dan klinik, sehingga rawan terhadap kebocoran, manipulasi atau ketidakakuratan informasi[2]. Sementara itu, rantai pasok farmasi dihadapkan pada risiko berat seperti pemalsuan obat, keterlambatan logistik, serta minimnya mekanisme transparansi dari produsen hingga pasien akhir[3]. Laporan *HIPAA Journal* mencatat lebih dari 133 juta catatan kesehatan mengalami kebocoran atau akses ilegal, menjadikan 2023 sebagai salah satu tahun terburuk bagi keamanan data medis global[4]. Masalah transparansi dan keaslian dalam rantai pasok obat tetap menjadi hambatan utama. World Health Organization melaporkan bahwa sekitar 1 dari 10 produk medis yang diedarkan di negara berpenghasilan rendah dan menengah adalah substandar atau dipalsukan[5]. Kondisi ini menegaskan urgensi penerapan teknologi yang mampu menjamin integritas, keterlacakan, serta transparansi informasi dalam ekosistem kesehatan.

Teknologi *blockchain* menawarkan mekanisme teknis yang potensial untuk menjawab tantangan tersebut melalui *smart contracts*, *off-chain storage*, dan arsitektur konsorsium yang memungkinkan partisipasi multi-entitas tanpa mengorbankan kontrol akses[6][7]. Dalam sistem RME, setiap perubahan data dapat direkam dalam blok yang tidak dapat diubah, dan dalam rantai pasok obat, jejak distribusi dapat ditelusuri secara *real time*.

Beberapa penelitian awal melaporkan bahwa penerapan *blockchain* dapat meningkatkan keterlacakan obat dan memperkuat auditabilitas data medis secara signifikan[8]. Namun demikian, sebagian besar studi masih terbatas pada fase konsep atau prototipe dan belum mengukur performa sistem secara komprehensif. Karena itu, pemfokusan pada aspek transparansi data pasien dan efisiensi rantai pasok

kesehatan melalui penerapan *blockchain* menjadi objek kajian yang strategis dan relevan.

Namun, terdapat *gap* penelitian yang jelas antara potensi teknologi dan realitas implementasi di lapangan. Banyak studi masih bersifat konseptual atau *proof-of-concept* tanpa evaluasi metrik performa atau uji coba klinis skala besar[1][3]. Sementara itu, mekanisme teknis seperti *off-chain storage* dan konsensus *blockchain* sering dibahas secara terpisah tanpa pemetaan sistematis mengenai konfigurasi, efektivitas, dan implikasi bagi transparansi dan keamanan data. Belum ada kajian yang secara spesifik memotret arsitektur *blockchain* yang paling banyak digunakan, mekanisme teknis pendukung integritas dan privasi data pasien, serta metrik kinerja sistem yang dilaporkan dalam konteks kesehatan dan rantai pasok farmasi. Kesenjangan ini menjadi dasar bagi pelaksanaan penelitian ini melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) agar menghasilkan peta komprehensif dan analisis tren penerapan *blockchain* di bidang kesehatan.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi serta menganalisis bagaimana *blockchain* diterapkan di sektor kesehatan. Analisis dilakukan melalui tinjauan literatur dan studi kasus yang relevan, memastikan pemahaman komprehensif tentang tantangan dan manfaatnya: (1) arsitektur dan platform *blockchain* yang paling banyak diterapkan dalam layanan kesehatan dan rantai pasok obat; (2) mekanisme teknis yang mendukung integritas, transparansi, dan kepatuhan privasi data pasien; dan (3) metrik kinerja yang digunakan serta hasil empiris terhadap efisiensi, keterlacakan, atau pengurangan pemalsuan. Kajian dibatasi pada artikel *peer-reviewed* dan *prosiding* terindeks Scopus (Q1–Q4) yang terbit antara tahun 2020 hingga 2025. Dengan batasan tersebut, penelitian ini menyajikan kontribusi baru berupa pemetaan *state-of-the-art* penerapan *blockchain* di bidang kesehatan yang menekankan bukti implementasi teknis dan evaluasi kinerja sistem, berbeda dari tinjauan terdahulu yang lebih banyak bersifat konseptual.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) diterapkan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta mensintesis temuan dari penelitian terkini yang berkaitan dengan implementasi teknologi *blockchain* pada transparansi data pasien dan rantai pasok kesehatan. Metode ini memfasilitasi analisis mendalam terhadap literatur mutakhir, sehingga memungkinkan pengumpulan bukti yang sistematis dan objektif. Melalui proses ini, penelitian dapat menghasilkan wawasan komprehensif mengenai potensi serta tantangan teknologi tersebut di sektor kesehatan. Pendekatan SLR dipilih karena mampu memberikan tinjauan komprehensif yang terstruktur dan terverifikasi terhadap perkembangan penelitian pada domain tertentu.

Pelaksanaan prosedur *Systematic Literature Review* (SLR) ini mengadopsi panduan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), yang mencakup empat tahapan pokok: (1) identifikasi literatur, (2) penyaringan awal, (3) kelayakan (*eligibility*), dan (4) inklusi akhir. Tahapan-tahapan tersebut dilaksanakan secara metodis untuk memastikan bahwa hanya artikel ilmiah yang relevan, valid, serta berkualitas tinggi yang menjadi subjek analisis. Penelitian ini tidak sebatas menggambarkan tren, melainkan juga menguraikan pola arsitektur, mekanisme teknis, dan hasil evaluasi kinerja *blockchain* dalam konteks kesehatan.

2.2 Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada tiga basis data ilmiah bereputasi, yaitu Google Scholar, ScienceDirect (Elsevier), dan dengan bantuan Consensus AI, yang dipilih karena cakupan multidisipliner dan aksesibilitas tinggi terhadap publikasi internasional bereputasi. Kemudian memastikan kembali artikel yang direview berada dalam kuartil Q1-Q4 melalui web resmi SCImago Journal Rank (SJR) Rentang waktu pencarian dibatasi antara tahun 2020 hingga 2025, untuk memastikan relevansi penelitian terhadap perkembangan terkini teknologi *blockchain* di sektor kesehatan. Pencarian dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci (*Boolean Query*) berikut:

("blockchain") AND ("healthcare" OR "pharmacy" OR "medical")

Query tersebut dirancang untuk menemukan artikel yang membahas penerapan *blockchain* secara teknis dalam konteks kesehatan, baik untuk pengelolaan data pasien maupun rantai pasok farmasi. Selain itu, pencarian lanjutan dilakukan melalui kata kunci yang relevan dengan pertanyaan penelitian (RQ) untuk menemukan artikel yang mungkin tidak terindeks langsung dalam hasil utama.

2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Literatur dipilih melalui penerapan kriteria inklusi dan eksklusi yang ditetapkan secara ketat, dengan tujuan menghasilkan temuan yang fokus dan tepat sasaran. Pendekatan ini memastikan bahwa hanya sumber yang memenuhi standar tertentu yang dipertimbangkan dalam analisis.

a) Kriteria Inklusi:

- 1) Artikel adalah jurnal *peer-reviewed* atau prosiding konferensi bereputasi yang terindeks Scopus Q1-Q3.
- 2) Topik utama mencakup *Blockchain* AND Kesehatan (Data Pasien/RME) OR Rantai Pasok Kesehatan/Farmasi.
- 3) Artikel harus melaporkan implementasi, *Proof-of-Concept* (PoC) yang divalidasi, atau studi kasus nyata yang menyajikan hasil evaluasi/metrik kinerja (kuantitatif atau kualitatif).

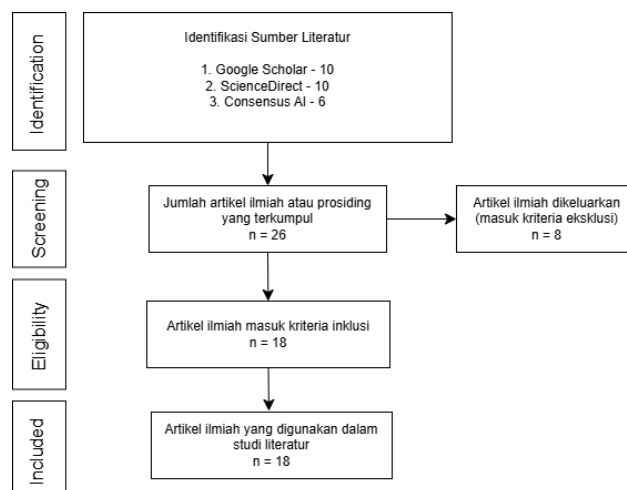
- 4) Studi diterbitkan dalam 5 tahun terakhir 2020-2025 untuk mencerminkan perkembangan teknologi terkini.

b) Kriteria Eksklusi:

- 1) Artikel adalah *review* lainnya (*Systematic Review, Literature Review, Meta-Analysis, Editorial, Commentary, Position Paper*).
- 2) Artikel hanya bersifat konseptual atau mengusulkan kerangka kerja/model tanpa implementasi teknis atau laporan validasi dan evaluasi kinerja yang jelas.
- 3) Artikel fokus pada domain non-kesehatan (misalnya, hanya *supply chain* umum, keuangan, atau politik).
- 4) Publikasi di bawah tahun 2020.

2.4 Proses Seleksi dan Ekstraksi Data

Proses seleksi menggunakan alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) yang terdiri atas empat tahap. Gambar 1 menunjukkan empat tahapan PRISMA.



Gambar 1. PRISMA Flow Diagram

a) Identifikasi (*Identification*)

Pencarian awal menghasilkan sekitar 26 artikel dari tiga basis data utama. Seluruh artikel dikompilasi dan dilakukan pemeriksaan duplikasi menggunakan *tool Mendeley Reference Manager*.

b) Penyaringan (*Screening*)

Sebanyak 8 artikel dieliminasi karena tidak sesuai dengan topik kesehatan atau hanya bersifat konseptual tanpa hasil implementasi.

c) Kelayakan (*Eligibility*)

Dari 18 artikel tersisa, dilakukan pembacaan menyeluruh terhadap isi untuk menilai kesesuaian dengan kriteria inklusi.

d) Inklusi Akhir (*Included*)

Sebanyak 18 artikel memenuhi kriteria inklusi dan digunakan sebagai bahan analisis sistematis. Artikel tersebut memiliki kualitas metodologis tinggi dan melaporkan hasil evaluasi komprehensif sehingga dijadikan sumber utama untuk menjawab pertanyaan penelitian (RQ).

e) Ekstraksi Data

Data dari setiap artikel yang lolos seleksi disusun ke dalam tabel sintesis dengan kolom berikut: (1) judul, (2) tahun terbit, (3) tujuan penelitian, (4) arsitektur *blockchain*, (5) teknologi pendukung (*smart contracts*, *off-chain storage*, mekanisme konsensus), (6) domain aplikasi, (7) jenis implementasi, (8) metrik evaluasi, (9) hasil utama, (10) kelebihan, (11) keterbatasan, dan (12) relevansi terhadap RQ1–RQ3.

2.5 Sintesis Pertanyaan Penelitian (*Research Question Synthesis*)

Data dari setiap artikel yang lolos seleksi disusun ke dalam tabel sintesis dengan kolom berikut: (1) judul, (2) tahun terbit, (3) tujuan penelitian, (4) arsitektur *blockchain*, (5) teknologi pendukung (*smart contracts*, *off-chain storage*, mekanisme konsensus), (6) domain aplikasi, (7) jenis implementasi, (8) metrik evaluasi, (9) hasil utama, (10) kelebihan, (11) keterbatasan, dan (12) relevansi terhadap RQ1–RQ3.

2.6 Pertanyaan Penelitian (*Research Question*)

Penelitian ini menggunakan pertanyaan penelitian yang telah ditetapkan secara spesifik sebagai panduan utama, meliputi:

RQ1: Jenis arsitektur dan *platform Blockchain* apa yang paling banyak diterapkan dalam sektor kesehatan, serta bagaimana konfigurasi teknologi pendukung (*off-chain storage*, *smart contracts*, konsensus) digunakan dalam implementasinya?

RQ2: Bagaimana mekanisme teknis *Blockchain* mendukung integritas, transparansi, dan kepatuhan terhadap regulasi privasi data pasien dalam sistem informasi kesehatan?

RQ3: Metrik kinerja apa yang digunakan untuk mengevaluasi implementasi *Blockchain* dalam sektor kesehatan, dan bagaimana hasil empiris menunjukkan dampak terhadap efisiensi, ketelusuran, atau pengurangan risiko pemalsuan?

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai artikel yang dianalisis dalam penelitian ini, Tabel 1 menyajikan daftar artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi. Informasi yang ditampilkan mencakup judul artikel, nama penulis dan tahun publikasi, sumber jurnal,

dan peringkat jurnal (Q1–Q3) sebagai dasar analisis sistematis dalam studi ini.

Tabel 1. Artikel yang Memenuhi Kriteria Inklusi

No.	Judul	Jurnal	Jurnal Rank (Q1–Q3)
1.	<i>Blockchain for Increased Trust in Virtual Health Care: Proof-of-Concept Study</i>	<i>Journal of Medical Internet Research</i>	Q1
2.	<i>Proof of Concept of Scalable Integration of Internet of Things and Blockchain in Healthcare</i>	<i>Sensors (Switzerland)</i>	Q1
3.	<i>A Novel Blockchain-Based Healthcare System Design and Performance Benchmarking on a Multi-Hosted Testbed</i>	<i>Sensors</i>	Q1
4.	<i>Blockchain and Smart Contracts: An Effective Approach for the Transaction Security & Privacy in Electronic Medical Records</i>	<i>Computers, Materials and Continua</i>	Q2
5.	<i>PharmaChain: Blockchain-Based Drug Supply Chain Provenance Verification System</i>	<i>Heliyon</i>	Q1
6.	<i>Blockchain-Based Secure Storage and Access Scheme for Electronic Medical Records in IPFS</i>	<i>IEEE Access</i>	Q1
7.	<i>A Blockchain-Based Approach for Drug Traceability in Healthcare Supply Chain</i>	<i>IEEE Access</i>	Q1
8.	<i>A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry</i>	<i>Electronics (Switzerland)</i>	Q2
9.	<i>BioMT: A State-of-the-Art Consortium Serverless Network Architecture for Healthcare System Using Blockchain Smart Contracts</i>	<i>IEEE Access</i>	Q1
10.	<i>Decentralised Provenance for Healthcare Data</i>	<i>International Journal of Medical Informatics</i>	Q1
11.	<i>Deep Learning Based Homomorphic Secure Searchable Encryption for Keyword Search in Blockchain Healthcare System</i>	<i>Sensors</i>	Q1
12.	<i>Blockchain-Based Security Mechanisms for IoMT Edge Networks in IoMT-Based</i>	<i>Sensors</i>	Q1

No.	Judul	Jurnal	Jurnal Rank (Q1-Q3)
	<i>Healthcare Monitoring Systems</i>		
13.	<i>Enhancing Data Protection in Dynamic Consent Management Systems: Formalizing Privacy and Security Definitions with Differential Privacy, Decentralization, and Zero-Knowledge Proofs</i>	<i>Sensors</i>	Q1
14.	<i>Blockchain-Powered Healthcare Systems: Enhancing Scalability and Security with Hybrid Deep Learning</i>	<i>Sensors</i>	Q1
15.	<i>Blockchain and Cloud Computing-Based Secure Electronic Healthcare Records Storage and Sharing</i>	<i>Frontiers in Public Health</i>	Q1
16.	<i>An Efficient Secure Sharing of Electronic Health Records Using IoT-Based Hyperledger Blockchain</i>	<i>International Journal of Intelligent Systems</i>	Q1
17.	<i>An Architecture and Management Platform for Blockchain-Based Personal Health Record Exchange</i>	<i>Journal of Medical Internet Research</i>	Q1
18.	<i>A Decentralized Architecture for Trusted Dataset Sharing Using Smart Contracts and Distributed Storage</i>	<i>Sensors</i>	Q1

3.1 Arsitektur, Platform, dan Konfigurasi Teknologi Pendukung

Berdasarkan analisis sintesis terhadap 18 studi yang memenuhi kriteria inklusi yang ditetapkan, menunjukkan kecenderungan yang jelas dalam pemilihan arsitektur dan platform Blockchain di sektor kesehatan.

3.1.1 Tren Arsitektur dan Platform

Terdapat dominasi yang signifikan pada implementasi *Blockchain* jenis *permissioned* atau *private* seperti *Hyperledger Fabric* dan *Private Ethereum* dibandingkan dengan *public blockchain* seperti *Ethereum* publik. *Platform Hyperledger Fabric* menjadi pilihan utama dalam mayoritas studi, terutama yang berfokus pada manajemen *Electronic Health Record (EHR)* dan rantai pasok obat[9][10][11][12]. Keunggulan *Hyperledger Fabric* terletak pada kemampuannya menawarkan kontrol akses yang ketat, identitas anggota yang terverifikasi, serta mekanisme konsensus yang lebih efisien dan terukur untuk lingkungan bisnis dan konsorsium kesehatan[9][10][11].

Meskipun demikian, beberapa studi memilih *Ethereum* publik[8][13][14] untuk kasus penggunaan yang menuntut desentralisasi maksimal dan transparansi total, seperti

verifikasi identitas profesional medis atau berbagi *dataset* penelitian. Untuk menyeimbangkan persyaratan keamanan data pasien dengan kebutuhan skalabilitas, arsitektur *Hybrid Blockchain*, yang mengintegrasikan *private chain* (untuk transaksi sensitif) dan *public chain* (untuk pencatatan *hash* data) atau penyimpanan data *off-chain*[15][16][17], menjadi solusi yang sering diimplementasikan. Pendekatan ini secara efektif mengurangi biaya gas dan meningkatkan *throughput* jaringan.

3.1.2 Konfigurasi Teknologi Pendukung

Konfigurasi teknologi pendukung menunjukkan pola yang konsisten untuk mengatasi keterbatasan kapasitas dan latensi *Blockchain* utama.

a) Penyimpanan Off-Chain

Mayoritas penelitian mengadopsi skema penyimpanan *hybrid* dengan menggunakan *InterPlanetary File System (IPFS)*[18][19][10][17][14] sebagai solusi penyimpanan *off-chain* yang terdesentralisasi. Data mentah misalnya, EHR atau citra medis, disimpan dalam IPFS, sementara hanya *hash* (sidik jari digital) dari data tersebut yang dicatatkan secara permanen (*on-chain*). Pendekatan ini memastikan integritas data dan kepatuhan terhadap regulasi privasi data dengan tidak menyimpan informasi sensitif di *ledger* publik.

b) Smart Contracts

Kontrak pintar berfungsi sebagai inti logis dari sistem, mendefinisikan dan secara otomatis menegakkan aturan akses, otorisasi, dan mekanisme transfer data. Dalam domain rantai pasok obat, kontrak pintar digunakan untuk verifikasi keaslian dan ketelusuran produk[18][10]. Sementara itu, dalam manajemen data pasien, kontrak pintar mengelola persetujuan dinamis (*dynamic consent*)[20][21] dan memfasilitasi pertukaran data yang aman antar institusi[11].

c) Mekanisme Konsensus

Pilihan mekanisme konsensus bervariasi tergantung jenis *Blockchain*. Untuk *Private Blockchain* terutama *Hyperledger Fabric*, konsensus berbasis *Proof-of-Authority (PoA)*[21] atau varian ringan seperti *Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT)* sering digunakan untuk mencapai finalitas transaksi dengan cepat dan efisien. Di sisi lain, *Public Blockchain* yang berorientasi pada penelitian cenderung menggunakan *Proof-of-Work (PoW)* atau *Proof-of-Stake (PoS)* untuk studi perbandingan dan *benchmarking* kinerja[9][22].

3.2 Mekanisme Teknis Pendukung Integritas, Transparansi, dan Kepatuhan Privasi Data (RQ2)

Mekanisme teknis yang dikembangkan dalam artikel yang disintesis ini secara sistematis diarahkan untuk menyelesaikan konflik yang melekat antara transparansi

yang diusung *Blockchain* dan persyaratan kerahasiaan data pasien misalnya, HIPAA di AS atau GDPR di Eropa.

3.2.1 Integritas dan Transparansi Data

Integritas data dijamin melalui dua prinsip utama: *hashing* kriptografis dan *immutability* (*ledger* yang tidak dapat diubah). Setiap data pasien atau transaksi rantai pasok di-*hash* menggunakan algoritma seperti SHA-256[20][21], dan *hash* ini dicatatkan ke *Blockchain*. Setiap upaya modifikasi pada data *off-chain* akan menghasilkan *hash* yang berbeda, yang dengan mudah dideteksi sebagai ketidaksesuaian oleh *smart contract*, sehingga secara otomatis memvalidasi integritas data.

Transparansi dalam penerapan *permissioned blockchain* dikategorikan sebagai *selective transparency*. Artinya, setiap entitas yang memiliki otoritas seperti dokter, apotek, maupun regulator berhak melakukan verifikasi terhadap catatan transaksi. Namun demikian, isi dari data yang bersifat sensitif tetap dienkripsi dan hanya dapat diakses oleh pihak yang memegang kunci otorisasi, di mana pengelolaan kunci tersebut dilakukan melalui *smart contract*[12][16].

3.2.2 Kepatuhan Terhadap Regulasi dan Privasi Data Pasien

Kepatuhan terhadap regulasi privasi data pasien dicapai melalui kombinasi enkripsi dan mekanisme kontrol akses yang terperinci.

a) Enkripsi Data Sensitif

Data pasien yang disimpan *off-chain* selalu dienkripsi. Teknik enkripsi yang sering digunakan meliputi Enkripsi Asimetris (RSA)[21] dan skema yang lebih kompleks seperti *Attribute-Based Encryption* (ABE)[23] atau variannya (*Modified Key Policy Attribute-Based Encryption*/MKP-ABE)[16]. Teknik ABE memungkinkan pasien untuk mendefinisikan kebijakan akses yang sangat rinci berdasarkan atribut pengguna misalnya, hanya dokter spesialis jantung di Rumah Sakit X yang diimplementasikan melalui *smart contract*.

b) Dynamic Consent Management

Beberapa arsitektur dirancang untuk memungkinkan pasien memberikan, mencabut, atau memodifikasi persetujuan mereka secara *real time* melalui antarmuka yang terhubung dengan *smart contract*[20][21]. Kontrak pintar kemudian secara otomatis memperbarui hak akses ke data pasien, memastikan bahwa pengguna (institusi atau peneliti) hanya dapat mengakses data selama periode dan tujuan yang diizinkan oleh pasien.

c) Integrasi IoT dan Edge Computing

Dalam sistem pemantauan kesehatan berbasis *Internet of Medical Things* (IoMT), *Blockchain* diimplementasikan untuk mengamankan data yang dihasilkan di *edge devices*. Mekanisme keamanan seperti *Deep Learning-based*

Homomorphic Secure Searchable Encryption[23] dan skema keamanan berbasis *Blockchain* untuk jaringan *edge* [24] digunakan untuk memastikan bahwa bahkan data yang ditransfer dari perangkat IoMT tetap aman dan terenkripsi, memitigasi risiko serangan di lapisan jaringan[7][24].

3.3 Metrik Kinerja dan Dampak Empiris Implementasi (RQ3)

Evaluasi implementasi *Blockchain* di sektor kesehatan sebagian besar berfokus pada metrik kinerja teknis dan fungsional, yang hasilnya menunjukkan dampak positif terhadap efisiensi dan keamanan.

3.3.1 Metrik Kinerja yang Digunakan

Studi yang berorientasi pada kinerja secara umum menggunakan metrik yang relevan dengan efisiensi jaringan terdistribusi dan skalabilitas:

a) Throughput

Diukur dalam transaksi per detik (TPS), metrik ini menunjukkan kemampuan sistem untuk memproses data. Studi menggunakan *Hyperledger Fabric* atau *Blockchain* yang dioptimalkan melaporkan *throughput* yang tinggi, sering kali mencapai ratusan hingga ribuan TPS dalam pengujian simulasi[9][11][22].

b) Latency

Diukur sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengonfirmasi suatu transaksi (waktu mulai dari pengiriman hingga pencatatan di *ledger*). *Latency* yang rendah (di bawah beberapa detik) adalah kriteria penting untuk aplikasi *real time* seperti pemantauan IoMT dan layanan kesehatan *virtual*[9][15].

c) Gas Consumption (Biaya Transaksi) dan Penggunaan Sumber Daya

Metrik ini terutama relevan untuk *platform* berbasis *Ethereum*[14]. Penggunaan arsitektur *hybrid* dengan penyimpanan *off-chain* secara signifikan mengurangi biaya transaksi dan penggunaan sumber daya komputasi dan memori [9][16].

d) Metrik Fungsional dan Kualitatif

Beberapa artikel mengandalkan evaluasi fungsional (PoC) melalui uji pengguna terbatas, memvalidasi keberhasilan verifikasi identitas[8], interoperabilitas data (standar FHIR)[21], dan tingkat keamanan yang dirasakan pengguna.

3.3.2 Hasil Empiris dan Implikasi

Hasil empiris dari 18 artikel secara konsisten menunjukkan bahwa implementasi *Blockchain* memberikan dampak signifikan pada tiga area utama:

a) Peningkatan Efisiensi dan Skalabilitas

Penerapan *Blockchain* yang memadukan mekanisme konsensus *Proof of Stake* (PoS) dengan *Multi-Key Policy Attribute-Based Encryption* (MKP-ABE) terbukti mampu memberikan waktu pemrosesan yang lebih singkat serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya jika dibandingkan dengan metode *Proof of Work* (PoW)[15]. Optimalisasi arsitektur *hybrid* dan penggunaan *platform permissioned* berhasil mengatasi hambatan skalabilitas dan *throughput* yang menjadi isu utama *public blockchain* tradisional.

b) Keterlurusan (*Traceability*) dan Pengurangan Risiko Pemalsuan

Dalam rantai pasok obat dan logistik kesehatan, *smart contracts* meningkatkan ketelusuran aktivitas produk secara transparan dari produsen hingga konsumen akhir[10][18]. Pencatatan yang tidak dapat diubah (*immutability*) meminimalkan risiko pemalsuan rekam medis dan produk obat, yang secara langsung berdampak pada peningkatan kualitas dan keamanan layanan.

c) Peningkatan Kepercayaan dan Kepatuhan

Penerapan sistem *dynamic consent* berbasis *Blockchain* memperkuat otonomi pasien atas datanya, yang secara inheren meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap layanan kesehatan digital[20]. Selain itu, integrasi *Blockchain* dengan skema enkripsi canggih memastikan bahwa transparansi tidak mengorbankan kerahasiaan data, sehingga mendukung kepatuhan terhadap regulasi privasi global.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil telaah sistematis terhadap 18 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, dapat disimpulkan bahwa penerapan *blockchain* dalam sektor kesehatan menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan transparansi, keamanan, dan efisiensi pengelolaan data pasien serta rantai pasok obat. Arsitektur *permissioned blockchain* seperti *Hyperledger Fabric* mendominasi karena kemampuannya menyediakan kontrol akses yang ketat dan efisiensi konsensus yang tinggi. Mekanisme pendukung seperti *smart contracts* dan *off-chain storage* berbasis IPFS berperan penting dalam menjaga integritas data sekaligus memastikan kepatuhan terhadap kebijakan privasi global seperti HIPAA dan GDPR. Evaluasi kinerja dari berbagai penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada aspek *throughput*, *latency*, dan keterlacakan data yang berdampak pada efisiensi operasional dan penurunan risiko pemalsuan produk medis.

Meskipun demikian, masih terdapat keterbatasan terkait interoperabilitas antar sistem, biaya implementasi, dan kebutuhan akan standar global untuk pertukaran data medis berbasis *blockchain*. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi integrasi antara *blockchain*, *Internet of Medical Things* (IoMT), dan kecerdasan buatan guna

mengoptimalkan keandalan, keamanan, serta skalabilitas sistem informasi kesehatan.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi utama berupa sintesis terstruktur mengenai arsitektur *blockchain*, mekanisme teknis pendukung, serta metrik evaluasi kinerja yang digunakan dalam penerapan *blockchain* di sektor kesehatan. Temuan ini memperjelas pola implementasi yang efektif dan kesenjangan penelitian yang masih ada, sehingga dapat menjadi rujukan bagi peneliti, pengembang sistem, dan pengambil kebijakan dalam merancang serta mengevaluasi adopsi teknologi *blockchain* secara lebih terarah dan berbasis bukti ilmiah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta kesempatan untuk mengembangkan penelitian ini dalam bentuk publikasi ilmiah. Ucapan apresiasi turut ditujukan kepada seluruh anggota kelompok yang telah berperan aktif dalam kegiatan pengumpulan data, analisis literatur, serta penyusunan naskah, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan optimal. Kolaborasi, dedikasi, dan komitmen dari setiap pihak menjadi elemen krusial yang mendukung keberhasilan penyusunan jurnal *Systematic Literature Review* (SLR) ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. M. Abdelsalam, "Blockchain Revolutionizing Healthcare Industry: A Systematic Review of Blockchain Technology Benefits and Threats," *Perspect Health Inf Manag*, Sep. 2023.
- [2] A. AbuHalimeh and O. Ali, "Comprehensive review for healthcare data quality challenges in blockchain technology," *Front Big Data*, vol. 6, 2023, doi: 10.3389/fdata.2023.1173620.
- [3] J. S. Jadhav and J. Deshmukh, "A review study of the blockchain-based healthcare supply chain," *Social Sciences and Humanities Open*, vol. 6, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.ssaho.2022.100328.
- [4] The HIPAA Journal, "Security Breaches With The Compliments of The HIPAA Journal in Healthcare in 2023," Jan. 2024. [Online]. Available: <https://www.hipaajournal.com/security-breaches-in-healthcare/>. [Accessed: Dec. 04, 2025].
- [5] World Health Organization, "Substandard and falsified medical products," *World Health Organization*, Dec. 2024. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/substandard-and-falsified-medical-products>. [Accessed: Dec. 04, 2025].
- [6] U. Ullah Tariq *et al.*, "Blockchain-Based Secured Data Sharing in Healthcare: A Systematic Literature Review," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 45415–45435, Mar. 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3547953.

- [7] K. Abbas, M. Afaq, T. A. Khan, and W. C. Song, "A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry," *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, no. 5, May 2020, doi: 10.3390/electronics9050852.
- [8] A. Hasselgren, J. A. H. Rensaa, K. Kravlevska, D. Gligoroski, and A. Faxvaag, "Blockchain for increased trust in virtual health care: Proof-of-concept study," *J Med Internet Res*, vol. 23, no. 7, Jul. 2021, doi: 10.2196/28496.
- [9] N. R. Pradhan *et al.*, "A Novel Blockchain-Based Healthcare System Design and Performance Benchmarking on a Multi-Hosted Testbed," *Sensors*, vol. 22, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/s22093449.
- [10] A. Musamih *et al.*, "A blockchain-based approach for drug traceability in healthcare supply chain," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 9728–9743, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3049920.
- [11] S. Velmurugan, M. Prakash, S. Neelakandan, and E. O. Martinson, "An Efficient Secure Sharing of Electronic Health Records Using IoT-Based Hyperledger Blockchain," *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 2024, 2024, doi: 10.1155/2024/6995202.
- [12] A. A. Khan, A. A. Wagan, A. A. Laghari, A. R. Gilal, I. A. Aziz, and B. A. Talpur, "BIO-MT: A State-of-the-Art Consortium Serverless Network Architecture for Healthcare System Using Blockchain Smart Contracts," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 78887–78898, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3194195.
- [13] A. Margheri, M. Masi, A. Miladi, V. Sassone, and J. Rosenzweig, "Decentralised Provenance for Healthcare Data," *Int J Med Inform*, vol. 141, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104197.
- [14] M. Pincheira, E. Donini, M. Vecchio, and S. Kanhere, "A Decentralized Architecture for Trusted Dataset Sharing Using Smart Contracts and Distributed Storage," *Sensors*, vol. 22, no. 23, Dec. 2022, doi: 10.3390/s22239118.
- [15] K. P. Satamraju and B. Malarkodi, "Proof of concept of scalable integration of internet of things and blockchain in healthcare," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 5, Mar. 2020, doi: 10.3390/s20051389.
- [16] A. Ali *et al.*, "Blockchain-Powered Healthcare Systems: Enhancing Scalability and Security with Hybrid Deep Learning," *Sensors*, vol. 23, no. 18, Sep. 2023, doi: 10.3390/s23187740.
- [17] A. Amanat, M. Rizwan, C. Maple, Y. Bin Zikria, A. S. Almadhor, and S. Won Kim, "Blockchain and cloud computing-based secure electronic healthcare records storage and sharing," *Front Public Health*, Jul. 2022, doi: 10.3389/fpubh.2022.938707.
- [18] S. S. Gomasta, A. Dhali, T. Tahlil, M. M. Anwar, and A. B. M. S. Ali, "PharmaChain: Blockchain-based drug supply chain provenance verification system," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17957.
- [19] J. Sun, X. Yao, S. Wang, and Y. Wu, "Blockchain-Based Secure Storage and Access Scheme for Electronic Medical Records in IPFS," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 59389–59401, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2982964.
- [20] M. I. Khalid, M. Ahmed, and J. Kim, "Enhancing Data Protection in Dynamic Consent Management Systems: Formalizing Privacy and Security Definitions with Differential Privacy, Decentralization, and Zero-Knowledge Proofs," *Sensors*, vol. 23, no. 17, Sep. 2023, doi: 10.3390/s23177604.
- [21] H. A. Lee *et al.*, "An architecture and management platform for blockchain-based personal health record exchange: Development and usability study," *J Med Internet Res*, vol. 22, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.2196/16748.
- [22] A. Al-Rasheed, H. Ali, R. Khan, and A. Saeed, "Blockchain and Smart Contracts: An Effective Approach for the Transaction Security & Privacy in Electronic Medical Records," *Computers, Materials and Continua*, vol. 85, no. 2, pp. 3419–3436, 2025, doi: 10.32604/cmc.2025.065156.
- [23] A. Ali *et al.*, "Deep Learning Based Homomorphic Secure Search-Able Encryption for Keyword Search in Blockchain Healthcare System: A Novel Approach to Cryptography," *Sensors*, vol. 22, no. 2, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22020528.
- [24] F. Pelekoudas-Oikonomou *et al.*, "Blockchain-Based Security Mechanisms for IoMT Edge Networks in IoMT-Based Healthcare Monitoring Systems," *Sensors*, vol. 22, no. 7, Apr. 2022, doi: 10.3390/s22072449.



ANALISIS *USABILITY* SISTEM *E-VOTING* PEMILIHAN KETUA DAN WAKIL KETUA OSIS MENGGUNAKAN METODE *THINK ALOUD*

Fajar Husain Asy'ari¹, Ellen Proborini², Sholihul Ibad³

^{1,2} Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Pati

³ Sistem Informasi, Institut Teknologi dan Bisnis Tuban

Pati, Jawa Tengah, Indonesia 59111

fajarhusain@sttp.ac.id, ellena@sttp.ac.id, sholihulibad80@gmail.com

Abstract

The election of the OSIS (Student Council) chairman and vice-chairman is an important school agenda that requires a fast, accurate, and transparent voting process. With the advancement of information technology, e-voting systems have become a modern solution, but their success depends heavily on their usability. This study aims to evaluate the usability level of the e-voting system for the election of the OSIS (Student Council) president and vice-president using the Think Aloud method. The evaluation involved 10 student respondents, the system's target users, who were asked to complete six task scenarios—from entering the token to logging out—while verbalizing their thoughts and difficulties. The results showed that 90% of respondents successfully completed task scenarios T1–T5, while 60% encountered difficulties in task T6 (logging out). Based on the severity rating analysis, three main issues were identified: slow response time (score 4, critical), unclear navigation (score 3, major), and confusing input forms (score 3, major). Overall, the system achieved a task completion rate of 93.3% with an average completion time of 38 seconds per task. These results indicate that the e-voting system demonstrates good usability but requires improvements in navigation, system performance, and input guidance to enhance user experience. The Think Aloud method proved effective in directly identifying usability issues from the user's perspective.

Keywords: E-Voting, Student Council, System Evaluation, Think Aloud, Usability

Abstrak

Pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS merupakan salah satu agenda penting di sekolah yang menuntut proses pemungutan suara yang cepat, akurat, dan transparan. Seiring kemajuan teknologi informasi, sistem *e-voting* menjadi solusi modern, namun keberhasilannya sangat bergantung pada tingkat *usability* sistem. Muncul permasalahan terkait tingkat kemudahan penggunaan (*usability*) sistem, khususnya bagi siswa sebagai pengguna utama yang memiliki latar belakang literasi teknologi yang beragam. Rendahnya *usability* berpotensi menimbulkan kesalahan penggunaan, kebingungan pengguna, serta menurunkan kepercayaan terhadap hasil pemungutan suara. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat *usability* sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS dengan menggunakan metode *Think Aloud*. Evaluasi dilakukan terhadap sepuluh responden siswa sebagai pengguna utama sistem, yang diminta menyelesaikan enam *task scenario* mulai dari memasukkan *token* hingga keluar dari sistem sambil mengungkapkan pikiran dan kendala yang dialami. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 90% responden berhasil menyelesaikan *task scenario* T1–T5, sedangkan 60% mengalami kesulitan pada tahap T6 (keluar sistem). Dari analisis *severity rating*, ditemukan tiga masalah utama: waktu respons lambat (skor 4, kategori kritis), navigasi tidak jelas (skor 3, kategori mayor), dan formulir *input* membingungkan (skor 3, kategori mayor). Secara umum, sistem memperoleh tingkat keberhasilan tugas sebesar 93,3% dengan rata-rata waktu penyelesaian 38 detik per tugas. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem *e-voting* memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang baik, namun perlu peningkatan pada aspek navigasi, kecepatan sistem, dan petunjuk *input* agar pengalaman pengguna (*user experience*) lebih optimal. Metode *Think Aloud* terbukti efektif dalam mengidentifikasi kendala *usability* dari perspektif pengguna secara langsung.

Kata kunci: E-Voting, Evaluasi Sistem, OSIS, *Think Aloud*, Usability

1. PENDAHULUAN

Pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS merupakan salah satu agenda penting dalam lingkungan sekolah yang bertujuan melatih demokrasi sejak dini. Seiring dengan

kemajuan teknologi informasi, sistem pemungutan suara secara elektronik (*e-voting*) menjadi solusi modern yang lebih cepat, akurat, dan transparan dibandingkan metode konvensional [1]. Pemilihan OSIS konvensional memiliki

beberapa kendala seperti biaya besar, memotong jam pembelajaran, *non-real-time monitoring* [2]. Penerapan *e-voting* di lingkungan sekolah tidak hanya meningkatkan efisiensi proses pemilihan, tetapi juga mempermudah rekapitulasi hasil suara secara *real-time*.

Meskipun sistem *e-voting* telah digunakan dalam proses pemilihan OSIS [11] [15], keberhasilan implementasinya tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis dan keamanan sistem, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kemudahan penggunaan (*usability*) dari perspektif pengguna utama [3], yaitu siswa dan guru. Siswa dan guru memiliki latar belakang kemampuan teknologi yang beragam, sehingga sistem dengan *usability* yang rendah berpotensi menimbulkan kebingungan, kesalahan penggunaan, keterlambatan proses pemungutan suara, bahkan menurunkan kepercayaan terhadap hasil pemilihan. Permasalahan ini menjadi krusial karena pemilihan OSIS hanya dilakukan dalam waktu terbatas dan melibatkan banyak pengguna secara simultan, sehingga sistem harus mudah dipahami dan digunakan tanpa pendampingan secara intensif.

Keberhasilan sistem *e-voting* sangat dipengaruhi oleh kemudahan penggunaan antarmuka (*usability*), yang menjadi tolok ukur utama agar sistem dapat digunakan secara efektif, efisien, dan memuaskan bagi penggunanya. Menurut ISO 9241-11, *usability* didefinisikan sebagai “*the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use*” [3]. *Usability* merupakan salah satu aspek terpenting dalam evaluasi sistem informasi karena berdampak pada penerimaan dan kepuasan pengguna [4]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem dengan tingkat *usability* yang baik mampu meningkatkan kepercayaan pengguna serta mengurangi potensi kesalahan dalam pengoperasian [5].

Salah satu metode evaluasi *usability* yang efektif adalah *Think Aloud Protocol*, yaitu teknik yang meminta pengguna untuk secara verbal mengungkapkan pikiran, perasaan, dan kendala yang mereka alami saat berinteraksi dengan sistem [6]. Pendekatan tersebut memungkinkan peneliti memperoleh data kualitatif mendalam dari perspektif pengguna asli. *Think Aloud* telah terbukti membantu mengidentifikasi masalah *usability* [16] secara spesifik dan memberikan dasar yang kuat bagi rekomendasi perbaikan sistem [7]. Jika dibandingkan dengan metode evaluasi *usability* lain, seperti *System Usability Scale* (SUS) yang hanya menghasilkan skor kuantitatif tingkat kepuasan pengguna [12], serta *Heuristic Evaluation* yang bergantung pada penilaian pakar tanpa melibatkan pengguna secara langsung [13], metode *Think Aloud* memiliki keunggulan dalam mengungkap proses berpikir dan hambatan pengguna secara *real-time* selama penggunaan sistem.

Berdasarkan observasi awal, sistem *e-voting* pemilihan OSIS yang digunakan telah berjalan secara fungsional,

namun belum pernah dilakukan evaluasi *usability* secara sistematis, khususnya dari sudut pandang siswa dan guru sebagai pengguna langsung. Evaluasi yang selama ini dilakukan cenderung hanya fokus pada keberhasilan teknis sistem, seperti apakah suara tersimpan dan hasil dapat ditampilkan, tanpa mempertimbangkan pengalaman pengguna (*user experience*) selama berinteraksi dengan sistem. Kondisi yang seperti ini berpotensi menyisakan permasalahan *usability* yang tidak terdeteksi, namun berdampak langsung pada efektivitas pelaksanaan pemilihan [17].

Dalam konteks sistem *e-voting* OSIS, evaluasi *usability* dengan metode *Think Aloud* menjadi penting untuk memastikan apakah sistem benar-benar sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan pengguna yang mayoritas adalah siswa [8]. Hasil evaluasi yang diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang signifikan untuk meningkatkan kualitas sistem, memperkuat kepercayaan pengguna, serta mendukung keberhasilan pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan penelitian

Tahapan awal penelitian merupakan proses penggalian permasalahan yang dilakukan peneliti dengan cara mengamati dan menganalisis masukan, saran, serta keluhan yang disampaikan oleh pengguna pada saat uji coba awal sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS yang telah digunakan oleh MAN 1 Pati. Peneliti juga melakukan *pretest* terhadap sejumlah pengguna secara langsung untuk memperoleh pemahaman awal terkait potensi masalah *usability*.

Langkah berikutnya adalah melakukan pengumpulan dan pemahaman terhadap teori-teori pendukung yang relevan dengan proses penelitian, termasuk kajian penelitian sebelumnya yang serupa sebagai panduan dan referensi. Hal ini dilakukan untuk memperkuat dasar metodologis evaluasi yang akan dilaksanakan, mulai dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan.

Setelah itu, peneliti melakukan evaluasi terhadap *usability* sistem *e-voting* dengan menggunakan metode *Think Aloud*. Evaluasi ini melibatkan 10 (sepuluh) responden yang telah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Penentuan kriteria responden didasarkan pada segmentasi pengguna yang sesuai dengan target pengguna sistem *e-voting*, yaitu siswa-siswa yang akan berpartisipasi dalam pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS.

Untuk memperoleh hasil evaluasi yang lebih akurat, peneliti menetapkan kriteria tertentu bagi responden yang dilibatkan dalam pengujian sistem *e-voting*. Pengujian *usability* ini melibatkan sepuluh responden siswa dan guru yang merupakan pengguna akhir sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS. Jumlah responden tersebut ditentukan berdasarkan rekomendasi dalam penelitian

usability yang menyatakan bahwa 5–10 partisipan sudah mampu mengungkap sebagian besar permasalahan *usability*, khususnya pada pengujian menggunakan metode *Think Aloud*. Nielsen Norman Group menyatakan bahwa dalam *usability* testing kualitatif, jumlah sekitar 5 (lima) partisipan sudah mampu mengungkap mayoritas masalah *usability*, sedangkan penambahan responden bertujuan memperluas cakupan temuan dan memperkuat validitas evaluasi yang dilakukan dalam studi *Think Aloud* [9]. Kriteria responden dirancang agar sesuai dengan segmentasi pengguna sistem dan mampu memberikan masukan yang relevan. Rincian kriteria responden dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Kriteria Responden

No	Kriteria Responden	Deskripsi
1	Kemampuan Memverbalikan	Siswa yang mudah menyampaikan atau memverbalikan apa yang dirasakan saat menggunakan sistem.
2	Pengalaman Menggunakan Sistem	Siswa yang baru pertama kali menggunakan sistem <i>e-voting</i> .
3	Literasi Digital	Siswa yang terbiasa menggunakan perangkat digital/ <i>smartphone</i> dan memiliki pemahaman dasar aplikasi berbasis web/ <i>mobile</i> .

Dalam proses evaluasi menggunakan metode *Think Aloud*, terdapat lima tahap yang dilakukan:

a) Pengarahan kepada Responden

Peneliti memberikan pengarahan (*briefing*) kepada responden mengenai mekanisme pengujian dan cara melakukan verbalisasi selama proses uji coba.

b) Pelaksanaan *Task Scenario*

Responden diminta menyelesaikan skenario tugas (*task scenario*) yang telah disiapkan. Misalnya, melakukan *login* ke sistem, memilih pasangan calon ketua dan wakil ketua OSIS, mengonfirmasi pilihan, hingga keluar dari sistem.

c) Observasi

Selama pelaksanaan *task scenario*, peneliti mengamati dan mencatat ekspresi, kesulitan, komentar, serta perilaku responden yang relevan dengan aspek *usability*.

d) Verifikasi Sikap dan Persepsi

Setelah menyelesaikan *task scenario*, peneliti melakukan klarifikasi terhadap sikap dan persepsi responden untuk memastikan interpretasi temuan sesuai dengan yang dialami pengguna.

e) Penentuan *Severity Rating*

Setiap masalah yang ditemukan dianalisis tingkat keparahannya (*severity rating*). Hal ini digunakan sebagai dasar prioritas dalam *redesign* sistem.

Dalam proses evaluasi *usability* menggunakan metode *Think Aloud*, responden diminta untuk menyelesaikan beberapa *task scenario* yang dirancang sesuai dengan alur penggunaan sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS. *Task scenario* ini menggambarkan langkah-langkah utama yang biasanya dilakukan oleh pemilih saat menggunakan sistem *e-voting*. Skenario tugas ini disusun agar sesuai dengan mekanisme sistem yang menggunakan *token* unik satu kali pakai sehingga responden dapat memberikan umpan balik langsung terhadap pengalaman penggunaan sistem. Rincian *task scenario* yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tabel Kriteria Responden

Kode	<i>Task Scenario</i>
T1	Responden memasukkan <i>token</i> unik yang diberikan panitia untuk dapat mengakses sistem <i>e-voting</i> .
T2	Responden melihat daftar pasangan calon ketua dan wakil ketua OSIS beserta profil singkatnya.
T3	Responden memilih salah satu pasangan calon ketua dan wakil ketua OSIS sesuai pilihannya.
T4	Responden melakukan konfirmasi pilihan dan mengirimkan suara (<i>vote</i>).
T5	Responden melihat notifikasi bukti suara bahwa pemilihan telah berhasil dan <i>token</i> tidak dapat digunakan kembali.
T6	Responden keluar dari sistem setelah menyelesaikan pemilihan.

Kemudian, dalam tahap observasi, peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap seluruh perilaku, komentar, dan ekspresi responden ketika menggunakan sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS (mengerjakan *task scenario*). Seluruh informasi yang diperoleh akan diamati dan direkam dalam bentuk catatan serta dokumentasi (video atau tangkapan layar) menggunakan perangkat yang tersedia. Selain pengamatan terhadap aktivitas pengguna, peneliti juga mencatat setiap *feedback* dan sikap yang ditunjukkan responden selama menggunakan sistem *e-voting*.

Langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi sikap dan persepsi. Hasil rekaman dan catatan yang dikumpulkan peneliti akan ditunjukkan kembali kepada responden yang bersangkutan. Peneliti akan menanyakan kepada responden mengenai maksud dari perilaku mereka (seperti yang terlihat dalam rekaman) sekaligus memastikan apakah interpretasi yang dibuat peneliti terhadap sikap tersebut telah sesuai dengan pengalaman responden.

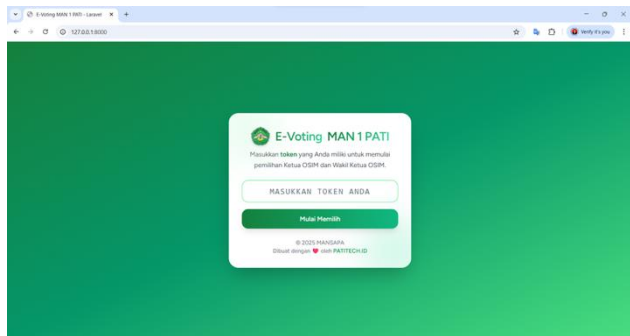
Setelah itu, masing-masing responden diminta oleh peneliti untuk memberikan *severity rating* terhadap setiap permasalahan atau umpan balik negatif yang mereka utarakan sebelumnya. Peneliti kemudian mencatat *severity rating* tersebut sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan sistem *e-voting*. Dengan tahapan ini, proses evaluasi berfokus pada pengamatan langsung, verifikasi temuan

bersama responden, serta pengukuran tingkat keparahan masalah (*severity rating*) untuk menentukan prioritas perbaikan sistem *e-voting* secara lebih tepat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

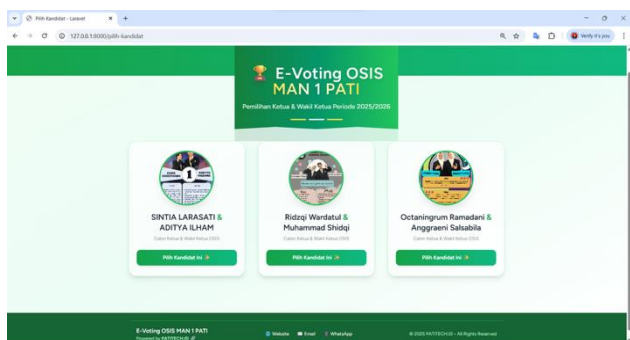
3.1 Tampilan Sistem

Tampilan sistem *e-voting* dirancang agar sederhana dan mudah digunakan oleh siswa maupun guru. Setiap halaman memiliki fungsi spesifik untuk mendukung kelancaran proses pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS. Pada bagian ini ditampilkan beberapa tampilan utama dari sistem *e-voting* seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



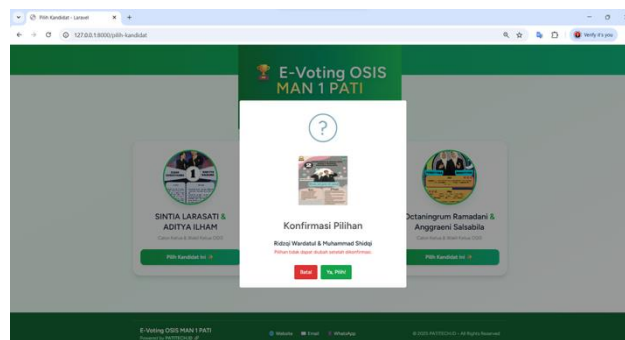
Gambar 1. Tampilan Halaman Input Token

Tampilan halaman *input token* sistem *e-voting* pada Gambar 1 digunakan oleh para pemilih untuk memasukkan *token* unik yang telah diberikan oleh panitia pemilihan. *Token* ini hanya berlaku satu kali pemakaian sehingga meningkatkan keamanan dan mencegah penggunaan suara/vote ganda. Pada halaman ini, pemilih diminta memasukkan *token* dengan benar untuk dapat mengakses tahap berikutnya dalam proses pemilihan. Setelah *token* berhasil diverifikasi, sistem secara otomatis akan mengarahkan pemilih ke halaman daftar calon ketua dan wakil ketua OSIS seperti pada Gambar 2.



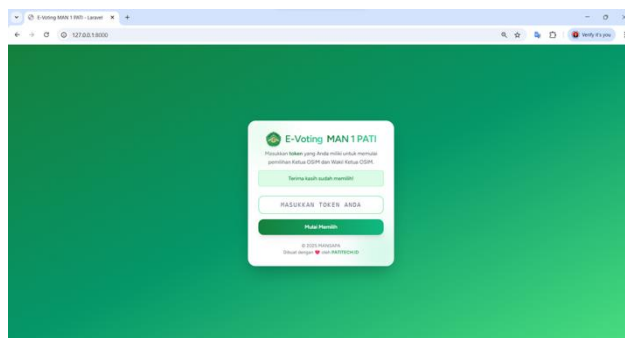
Gambar 2. Tampilan Pilih Kandidat

Pada Gambar 2 ditampilkan halaman daftar calon ketua dan wakil ketua OSIS beserta profil singkatnya. Halaman ini dirancang agar pemilih dapat melihat informasi setiap pasangan calon sebelum menentukan pilihan. Selanjutnya jika pemilih sudah menentukan pilihannya maka akan tampil konfirmasi yang telah dipilih seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Konfirmasi Pilihan

Tampilan konfirmasi pilihan pada Gambar 3 memungkinkan pemilih untuk meninjau kembali pilihannya sebelum dikirimkan. Dengan adanya konfirmasi, risiko kesalahan dalam memilih dapat diminimalisir. Setelah pemilih mengirimkan suara, sistem secara otomatis akan mengarahkan kembali ke halaman *input token* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Berhasil Mengirim Suara & Input Token

Pada Gambar 4 halaman ini menampilkan pesan notifikasi dengan bingkai berwarna hijau bertuliskan “Terima Kasih sudah memilih”. Notifikasi ini berfungsi sebagai tanda bahwa proses pemilihan telah berhasil dilakukan dan *token* yang digunakan sudah tidak dapat dipakai kembali. Tampilan ini juga memberikan kepastian kepada pemilih bahwa suaranya telah tercatat dengan baik dalam sistem. Setelah itu, sistem secara otomatis siap digunakan oleh pemilih berikutnya tanpa memerlukan proses *login* atau autentikasi ulang, sehingga alur pemilihan menjadi lebih efisien.

3.2 Hasil Pengujian Task Scenario

Pada bagian ini disajikan hasil pengujian skenario tugas (*task scenario*) yang dilakukan oleh 10 responden terhadap sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana responden dapat menyelesaikan setiap skenario tugas yang telah ditentukan, mulai dari memasukkan *token* unik hingga keluar dari sistem setelah proses pemilihan selesai. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Task Scenario*

No	Nama Responden	Task Scenario					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	R01	✓	✓	✓	✓	✓	X
2	R02	✓	✓	✓	✓	✓	X
3	R03	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	R04	X	✓	✓	✓	✓	X
5	R05	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	R06	✓	✓	✓	✓	✓	X
7	R07	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	R08	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	R09	✓	✓	✓	✓	✓	X
10	R10	✓	✓	✓	✓	✓	X

Keterangan:

✓ = Berhasil menyelesaikan tugas

X = Tidak berhasil menyelesaikan tugas

Pada Tabel 3 Hasil Pengujian *Task Scenario* di atas terlihat bahwa seluruh responden berhasil melaksanakan *Task* 1–5 dengan baik. Namun pada *Task* 6 (keluar dari sistem) sebanyak 6 responden mengalami kesulitan untuk keluar dari sistem. Hal ini dikarenakan sistem *e-voting* tidak menyediakan menu keluar (*logout*) secara eksplisit karena *token* hanya dapat digunakan satu kali.

3.3 Feedback Responden Terhadap Setiap Task

Dari hasil pengujian terhadap 10 responden, diperoleh berbagai tanggapan positif maupun negatif yang dikelompokkan berdasarkan setiap *task* skenario. Pada *Task* T1 (memasukkan *token* unik), hampir seluruh responden (9 orang) dapat melakukannya dengan lancar, meskipun terdapat 1 responden yang sempat salah *input token*. Pada *Task* T2 (melihat daftar pasangan calon), seluruh responden (10 orang) memberikan tanggapan positif karena informasi pasangan calon dan profilnya mudah dibaca.

Selanjutnya pada *Task* T3 (memilih pasangan calon), sebagian besar responden (9 orang) dapat melakukan pemilihan dengan mudah, namun 1 responden mengalami kebingungan saat pertama kali menekan tombol “Pilih Kandidat”. Pada *Task* T4 (konfirmasi dan mengirim suara), 8 responden menyatakan proses berjalan lancar, sedangkan 2 responden mengeluhkan proses konfirmasi yang agak lama karena *loading* sistem.

Pada *Task* T5 (melihat notifikasi bukti suara), 9 responden memahami bahwa *token* tidak dapat digunakan kembali, tetapi 1 responden menyatakan kebingungan memahami

maksud notifikasi tersebut. *Feedback* negatif paling banyak ditemukan pada *Task* T6 (keluar sistem), di mana 6 responden menyatakan kebingungan karena tidak tersedia menu keluar/*logout*. Hal ini disebabkan oleh mekanisme sistem *e-voting* yang menggunakan *token* satu kali pakai sehingga tidak menyediakan menu keluar secara eksplisit.

Secara umum, mayoritas responden dapat menyelesaikan setiap *task* dengan baik, meskipun masih ditemukan beberapa masalah kecil terutama pada tahap keluar sistem dan pemahaman notifikasi *token* satu kali pakai. Temuan ini menjadi dasar bagi peneliti untuk menyusun rekomendasi perbaikan agar sistem *e-voting* lebih mudah dipahami dan digunakan oleh responden di tahap selanjutnya.

3.4 Perbandingan Feedback Responden Berdasarkan Segmentasi Pengguna

Setelah proses evaluasi dengan metode *Think Aloud* dilakukan, peneliti juga mengidentifikasi adanya perbedaan umpan balik antara dua jenis segmentasi pengguna yang dilibatkan dalam pengujian sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS. Pengguna yang berasal dari kalangan guru/panitia cenderung lebih memperhatikan aspek keamanan dan keakuratan sistem, seperti mekanisme *token* satu kali pakai, keabsahan suara, dan bukti notifikasi setelah pemilihan. Mereka juga lebih kritis terhadap aspek teknis dan prosedural sistem untuk memastikan bahwa proses pemilihan berjalan sesuai ketentuan.

Sementara itu, pengguna dari kalangan siswa lebih fokus pada kemudahan penggunaan dan kejelasan antarmuka, seperti kemudahan memahami petunjuk pemilihan, proses konfirmasi suara, dan tampilan daftar calon. Siswa cenderung mengkritisi aspek pengalaman pengguna (*user experience*) dan kejelasan informasi dibandingkan dengan aspek teknis sistem. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun kedua segmen pengguna menggunakan sistem yang sama, fokus perhatian dan kritik yang diberikan berbeda sesuai dengan peran mereka dalam proses pemilihan. Perbedaan umpan balik ini penting untuk dipertimbangkan dalam perbaikan sistem agar sistem *e-voting* dapat memenuhi kebutuhan kedua segmen pengguna secara optimal.

3.5 Hasil Verifikasi Sikap

Dalam melakukan verifikasi sikap, peneliti menampilkan kembali hasil rekaman dan catatan ketika responden menggunakan sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS. Peneliti kemudian menanyakan kepada masing-masing responden maksud dari perilaku, ekspresi, atau komentar yang muncul selama proses pengujian untuk memastikan interpretasi yang dibuat peneliti sesuai dengan pengalaman responden. Dari hasil verifikasi, teridentifikasi total 10 sikap dominan dari 10 responden selama menggunakan sistem *e-voting*. Persentase terbesar dari sikap tersebut menunjukkan rasa kebingungan atau kesulitan, yaitu sekitar 40% dari total keseluruhan perasaan

responden, terutama ketika mereka berusaha keluar dari sistem setelah selesai memilih. Hal ini terjadi karena sistem *e-voting* yang diuji tidak menyediakan menu keluar (*logout*), mengingat mekanisme *token* hanya berlaku satu kali pakai.

Sementara itu, sekitar 35% responden menunjukkan rasa puas terhadap kemudahan proses pemilihan, mulai dari memasukkan *token* hingga mengirimkan suara. Sisanya, 25% responden menunjukkan sikap netral atau tanpa keluhan, khususnya pada tahapan melihat profil calon dan melakukan konfirmasi suara. Hasil verifikasi sikap ini memperkuat temuan bahwa meskipun sistem *e-voting* sudah relatif mudah digunakan [14], terdapat beberapa aspek yang masih memerlukan perbaikan dari sisi kejelasan informasi

dan alur penggunaan agar pengalaman pengguna lebih optimal.

3.6 Severity Rating Berdasarkan Temuan Masalah

Berdasarkan hasil pengujian yang melibatkan 10 responden, ditemukan beberapa masalah dalam penggunaan aplikasi. Untuk mengetahui tingkat keparahan masalah tersebut, dilakukan penilaian menggunakan skala *Severity Rating* (0–4) [9]. Skala ini digunakan secara luas pada evaluasi *usability* untuk memprioritaskan masalah yang ditemukan berdasarkan tingkat dampaknya terhadap pengalaman pengguna. Hasil penilaian *severity rating* terhadap temuan masalah ditunjukkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Penilaian *Severity Rating*

No	Temuan Masalah	Deskripsi Singkat	Severity Rating	Rekomendasi
1	Navigasi tidak jelas	Responden kesulitan menemukan menu utama sehingga memperlambat penyelesaian <i>task</i>	3 (Mayor)	Perbaiki struktur navigasi dan tambahkan ikon/petunjuk menu yang lebih jelas
2	Konten tidak konsisten	Beberapa halaman menampilkan istilah berbeda untuk fitur yang sama sehingga membingungkan pengguna	2 (Minor)	Standarisasi istilah dan format konten pada seluruh halaman
3	Waktu respons lambat	Aplikasi membutuhkan waktu lama saat memuat data sehingga mengganggu kelancaran tugas	4 (Katastropik)	Optimalkan performa aplikasi agar lebih cepat dalam memuat data
4	Estetika kurang menarik	Sebagian responden menilai tampilan terlalu sederhana dan kurang menarik secara visual	1 (Kosmetik)	Perbaiki tampilan visual (warna, tipografi, ikonografi) agar lebih menarik
5	<i>Form input</i> membingungkan	Responden salah mengisi karena label dan instruksi <i>input</i> kurang jelas	3 (Mayor)	Tambahkan <i>placeholder</i> , validasi <i>input</i> , dan petunjuk yang jelas

Berdasarkan tabel tersebut, masalah dengan tingkat keparahan tertinggi (*Severity Rating* 4) adalah waktu respon aplikasi yang lambat sehingga memerlukan perhatian utama dan segera diperbaiki. Masalah dengan tingkat keparahan sedang (*rating* 3) seperti navigasi tidak jelas dan membingungkan juga perlu segera diatasi untuk meningkatkan efektivitas sistem. Sementara itu, masalah dengan tingkat keparahan rendah (*rating* 1–2) seperti estetika tampilan dan konten tidak konsisten tetap perlu diperhatikan, tetapi tidak mendesak untuk segera diperbaiki. Skala ini penting untuk memastikan perbaikan dilakukan sesuai prioritas agar *resource development* dapat digunakan secara efektif [10].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian evaluasi *usability* sistem *e-voting* pemilihan ketua dan wakil ketua OSIS menggunakan metode *Think Aloud*, sistem *e-voting* sudah relatif mudah digunakan oleh responden, terutama pada tahap memasukkan *token*, tampilan melihat daftar calon, halaman memilih kandidat, dan mengonfirmasi suara. Mayoritas responden dapat menyelesaikan *task scenario* T1–T5 dengan lancar. Masalah signifikan muncul pada tahap keluar dari portal sistem (T6), yang di mana 6 dari 10 responden kesulitan karena sistem tidak ada menu *logout* karena proses *token* satu kali pakai. Selain itu, terdapat

beberapa kendala terkait navigasi yang kurang jelas, dan *form input* yang membingungkan. *Feedback* dari guru/panitia dan siswa menunjukkan perbedaan prioritas. Guru/panitia lebih menekankan keamanan, keakuratan, dan validitas suara, sedangkan siswa lebih pada kemudahan penggunaan dan kejelasan tampilan. Menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kebutuhan kedua segmen pengguna dalam perbaikan sistem. Hasil *severity rating*, masalah paling kritis adalah waktu respons aplikasi yang lambat (*rating* 4), selanjutnya oleh navigasi tidak jelas membingungkan (*rating* 3). Masalah tampilan atau minor seperti estetika dan konten tidak konsisten perlu diperbaiki, tetapi bukan prioritas utama. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan sistem perlu dilakukan perbaikan, terutama pada navigasi, alur *logout*, performa aplikasi, dan petunjuk *input* agar *user experience* menjadi lebih optimal. Standarisasi konten dan peningkatan tampilan visual juga dapat meningkatkan kepuasan pengguna. Secara teoretis, menegaskan efektivitas metode *Think Aloud* dalam evaluasi *usability*. Penelitian ini juga memberikan dasar perbaikan sistem yang lebih mudah digunakan, sekaligus mendukung pemilihan OSIS yang efisien, transparan, dan inklusif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nurhayati, "Implementasi E-Voting untuk Pemilihan Organisasi Sekolah," *J. Teknol. Pendidik.*, vol. 10, no. 2, hlm. 45–53, 2022.
- [2] S. Sulaini, G. Gunawan, Y. Darmi, A. Wijaya, dan K. Kirman, "Design and Building of a Web Based E-Voting System for the Election of OSIS Chairman at SMPN 10 Bengkulu Selatan Using Rapid Application Development (RAD) Method," *J. Komput. Inf. Dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, 2024, doi: 10.53697/jkomitek.v4i1.1797.
- [3] A. Sarkawi, A. Johari, A. Bujang, dan Z. Haji Bibi, "Usability and Users' Satisfaction on Online Electronic Voting System," *Int. J. Serv. Manag. Sustain. IJSMS*, vol. 6, no. 7, hlm. 1–22, 2021, doi: 10.24191/ijsms.v6i2.15577.
- [4] D. S. Pratama dan R. Kurniawan, "Pengembangan Sistem E-Voting Berbasis Web pada Lingkungan Pendidikan," *J. Rekayasa Sist. Inf.*, vol. 8, no. 3, hlm. 233–240, 2021.
- [5] International Organization for Standardization, *ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability*. 2018. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.iso.org/standard/63500.html>
- [6] S. Aisyah dan B. Santoso, "Implementasi Sistem E-Voting pada Pemilihan Ketua OSIS di Sekolah Menengah," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 2020, hlm. 45–52.
- [7] Y. Rogers, H. Sharp, dan J. Preece, *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, 2011.
- [8] A. Dix, J. Finlay, G. Abowd, dan R. Beale, *Human-Computer Interaction*, 2004.
- [9] Nielsen Norman Group, "How Many Test Users in a Usability Study?," Nielsen Norman Group, 2020.[Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>. [Accessed: 04-Jan-2026].
- [10] S. Balafif, "Website analysis using heuristic evaluation based on severity ratings and usability scale system," *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (JINTEKS)*, vol. 4, no. 3, pp. 123–130, 2022.
- [11] R. R. Putra, F. Kurniawan, and D. Saraswati, "Sosialisasi Penggunaan Aplikasi E-Voting Dalam Pemilihan OSIS Pada Masyarakat Tingkat SMA Dan SMK Pada Desa Pertumbukan Kecamatan Wampu Kabupaten Langkat," *ARSY : Jurnal Aplikasi Riset kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 134–140, 2023, doi: 10.55583/arsy.v4i2.735.
- [12] A. P. Nadila, T. Tranggono, and M. C. P. Anissa Islami, "Application of the Think Aloud and System Usability Scale (SUS) Methods in Usability Evaluation in Online Transportation Applications for the Elderly," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 2, pp. 501–510, 2025.
- [13] U. Ó Broin, "Heuristic Evaluation of User Interfaces: Exploration and Evaluation," unpublished paper, Trinity College Dublin, Dublin, Ireland, 2011. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/325923722_Heuristic_Evaluation_of_User_Interfaces_Exploration_and_Evaluation.
- [14] Y. G. Pranandita, H. M. Az-Zahra, dan D. Priharsari, "Evaluasi Usability pada Aplikasi Among Kota dengan Metode Think Aloud dan Heuristic Evaluation," *J-PTIHK*, vol. 5, no. 6, hlm. 2080–2089, Mei 2021.
- [15] A. R. Hermawan, "Perancangan User Interface dan User Experience Website E-Voting Menggunakan Metode Design Thinking," *AUTOMATA*, 2024.
- [16] S. R. Lestari, "Evaluasi Usability Sistem E-Voting pada Lingkungan Pendidikan Menggunakan Metode Think Aloud," *J. Teknol. Inf. Dan Pendidik.*, vol. 12, no. 1, hlm. 77–85, 2023.
- [17] M. Putra dan S. Hartati, "Analisis Usability Sistem Informasi Akademik Menggunakan Metode SUS," *J. Sist. Inf.*, vol. 14, no. 2, hlm. 95–103, 2020.



ANALISIS DAN EVALUASI DESAIN UI/UX *WEBSITE* TAEKWONDO VALENTINO CLUB MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DESIGN THINKING*

Daniati Uki Eka Saputri¹, Taopik Hidayat², Nurul Khasanah³, Faruq Aziz⁴

^{1,4}Sistem Informasi, Universitas Nusa Mandiri

²Sains Data, Universitas Nusa Mandiri

³Informatika, Universitas Nusa Mandiri

Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia 13620

daniati.due@nusamandiri.ac.id, taopik.toi@nusamandiri.ac.id, nurul.nuk@nusamandiri.ac.id, faruq.fqs@nusamandiri.ac.id

Abstract

This study aims to analyze and evaluate the user interface (UI) and user experience (UX) design of the Taekwondo Valentino Club website using a Design Thinking approach. The research was conducted within a community-based sports club characterized by non-technical users and a relatively informal organizational structure. The methodology followed the five stages of Design Thinking—empathize, define, ideate, prototype, and test—with data collected through participatory observation, semi-structured interviews, and usability testing using the System Usability Scale (SUS). The study involved 41 respondents, including club administrators, coaches, and members. The evaluation results show an average SUS score of 83, placing it in the Excellent category. Overall, users did not exhibit negative perceptions regarding system complexity, consistency, or practicality. Task-based observation further indicated that the majority of respondents completed all usage scenarios without requiring additional technical assistance. The findings demonstrate that the Design Thinking approach is effective in producing an intuitive and easy-to-use UI/UX design that aligns with the needs of community sports club users. This study contributes to UI/UX research by highlighting interface requirement patterns specific to community-based sports organizations and supports ongoing efforts to digitize community sports club management.

Keywords: Design Thinking, Sports Website, System Usability Scale, UI/UX, Usability

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi desain *user interface* (UI) dan *user experience* (UX) pada *website* Taekwondo Valentino Club menggunakan pendekatan *Design Thinking*. Penelitian dilakukan pada konteks klub olahraga komunitas yang memiliki karakteristik pengguna non-teknis dan struktur organisasi yang relatif informal. Metode penelitian mencakup lima tahapan *Design Thinking*, yaitu *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *test*. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi partisipatif, wawancara semi-terstruktur, serta pengujian *usability* menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS). Subjek penelitian melibatkan 41 responden yang terdiri dari pengurus, pelatih, dan anggota klub. Hasil evaluasi menunjukkan nilai SUS rata-rata sebesar 83 yang berada pada kategori *Excellent*. Responden secara umum tidak menunjukkan persepsi negatif terhadap kompleksitas, konsistensi, dan kepraktisan sistem. Hasil observasi tugas juga menunjukkan bahwa sebagian besar responden mampu menyelesaikan seluruh skenario penggunaan tanpa bantuan teknis tambahan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Design Thinking* efektif dalam menghasilkan rancangan UI/UX yang intuitif, mudah digunakan, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna klub olahraga komunitas. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap kajian UI/UX dengan menyoroti pola kebutuhan antarmuka pada organisasi olahraga komunitas serta mendukung upaya digitalisasi pengelolaan klub.

Kata kunci: Design Thinking, System Usability Scale, UI/UX, Usability, Website Olahraga

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital telah menjadi kebutuhan mendesak di berbagai sektor, termasuk bidang olahraga. Penerapan teknologi informasi tidak hanya berperan dalam pengelolaan data dan administrasi, tetapi juga dalam

membangun citra profesional organisasi serta memperkuat interaksi antara pelatih, atlet, dan masyarakat[1],[2],[3]. Dalam konteks klub olahraga berbasis komunitas, digitalisasi berpotensi besar meningkatkan efisiensi kerja administrasi, transparansi data, serta efektivitas komunikasi

internal maupun eksternal[4]. Namun, di sisi lain, banyak organisasi olahraga di tingkat lokal yang masih mengandalkan sistem konvensional dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, sehingga menghadapi berbagai kendala seperti duplikasi data, keterlambatan distribusi informasi, dan dokumentasi yang tidak terstruktur.

Salah satu contoh organisasi olahraga yang telah menunjukkan konsistensi dalam pembinaan dan prestasi atlet adalah Taekwondo Valentino Club, sebuah klub bela diri yang aktif di wilayah Bekasi Selatan sejak akhir 1990-an. Klub ini dikenal memiliki reputasi yang baik dalam mencetak atlet berprestasi di berbagai ajang regional dan nasional melalui sistem pelatihan yang disiplin dan berkesinambungan. Seiring dengan meningkatnya jumlah anggota dan kompleksitas kegiatan, kebutuhan akan sistem administrasi dan komunikasi yang lebih efisien pun semakin tinggi. Selama ini, pengurus klub telah mengelola kegiatan dan data anggota secara mandiri melalui berbagai media seperti dokumen, *spreadsheet*, dan platform komunikasi daring. Upaya tersebut sudah berjalan cukup efektif untuk mendukung aktivitas rutin klub, namun masih memiliki ruang untuk ditingkatkan melalui integrasi teknologi digital agar pengelolaan data, dokumentasi prestasi, serta penyampaian informasi dapat dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan terpusat.

Pihak Kemenpora RI telah menegaskan urgensi digitalisasi dalam sistem olahraga nasional, termasuk rencana pembentukan aplikasi pusat data keolahragaan yang terintegrasi untuk mendukung pengelolaan prestasi dan *administrative*[5]. Dalam konteks manajemen olahraga menjelaskan bahwa teknologi informasi seperti *big data*, IoT, dan aplikasi digital telah mengubah cara pelatih dan pengurus atlet dalam mengelola data dan proses latihan, namun masih menghadapi hambatan adopsi di banyak organisasi olahraga[6]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa, meskipun agenda digitalisasi telah diinisiasi secara kebijakan dan penelitian, organisasi olahraga komunitas lokal masih memiliki ruang pengembangan yang cukup besar dalam aspek pengelolaan informasi dan komunikasi berbasis antarmuka digital (UI/UX).

Berbagai studi terdahulu telah menunjukkan bahwa penerapan *user interface* (UI) dan *user experience* (UX) yang baik dapat meningkatkan efektivitas sistem digital, kepuasan pengguna, serta mempercepat adopsi teknologi [7]. Beberapa penelitian sebelumnya, seperti [8],[9],[10], [11], [12], telah mengkaji desain sistem informasi olahraga, namun sebagian besar berfokus pada konteks kompetisi, pemesanan fasilitas, atau layanan olahraga berbasis institusi. Studi-studi tersebut belum secara spesifik menggali pola kebutuhan UI/UX pada organisasi olahraga komunitas lokal yang memiliki karakteristik pengguna non-teknis, struktur organisasi yang relatif informal, serta ketergantungan tinggi pada komunikasi interpersonal.

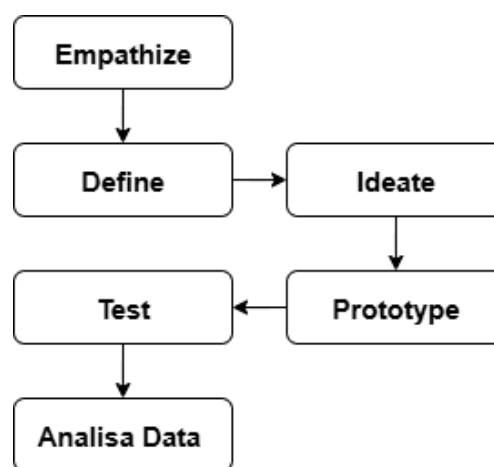
Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menitikberatkan pada analisis dan evaluasi desain UI/UX *website* klub olahraga komunitas menggunakan pendekatan *Design Thinking* yang diterapkan secara kontekstual. Kontribusi utama penelitian ini adalah mengidentifikasi pola kebutuhan antarmuka yang khas pada klub olahraga komunitas, seperti integrasi administrasi sederhana, akses informasi yang cepat, serta konsistensi desain yang mudah dipelajari oleh pengguna lintas usia dan latar belakang digital.

Pendekatan *Design Thinking* dipandang relevan karena menempatkan pengguna sebagai pusat proses perancangan melalui tahapan empati, perumusan masalah, ideasi, pembuatan prototipe, dan pengujian (*empathize–define–ideate–prototype–test*)[13],[14],[15]. Pendekatan ini tidak hanya menghasilkan solusi visual yang menarik, tetapi juga memastikan bahwa setiap elemen desain benar-benar menjawab kebutuhan, kebiasaan, dan kemampuan pengguna nyata[16],[17],[18],[19].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi desain UI/UX *website* klub olahraga komunitas guna mendukung efisiensi administrasi dan komunikasi digital. Penelitian dibatasi pada perancangan dan evaluasi antarmuka berbasis *website*, tanpa mencakup aspek keamanan data, integrasi sistem keuangan, maupun pengembangan aplikasi *mobile*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design Thinking* untuk merancang dan menganalisis desain UI dan UX pada rancang *website* Taekwondo Valentino Club. Pendekatan ini dipilih karena bersifat iteratif dan berpusat pada pengguna (*user-centered*)[19], sehingga setiap keputusan desain didasarkan pada kebutuhan nyata pelatih, pengurus, dan anggota klub. Proses penelitian dibagi menjadi lima tahapan utama: *Empathize*, *Define*, *Ideate*, *Prototype*, dan *Test* yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2.1. Tahap *Empathize*

Tahap empati bertujuan untuk memahami secara mendalam kebutuhan dan tantangan yang dihadapi pengguna dalam kegiatan administrasi dan komunikasi klub. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data untuk memahami konteks aktivitas administrasi, komunikasi, dan dokumentasi klub. Metode yang digunakan meliputi:

- a) Observasi partisipatif terhadap proses pendataan anggota, jadwal latihan, pencatatan prestasi, dan halaman dokumentasi kegiatan.
- b) Wawancara semi-terstruktur dengan pengurus, pelatih, dan anggota guna mengidentifikasi kebutuhan informasi, kebiasaan digital, serta hambatan yang sering dihadapi.

Data yang diperoleh kemudian disintesis menjadi daftar kebutuhan pengguna dengan memetakan apa yang dikatakan, dipikirkan, dirasakan, dan dilakukan oleh mereka (*empathy map*).

2.2. Tahapan *Define*

Temuan dari tahap empati dianalisis untuk merumuskan masalah utama dan menetapkan tujuan pengguna (*user goals*) yang akan menjadi dasar dalam perancangan sistem. Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, ditemukan tiga persona utama yang mewakili kebutuhan berbeda dalam sistem, yaitu pengurus, pelatih, dan anggota klub.

2.3. Tahap *Ideate*

Tahap *Ideate* bertujuan menghasilkan berbagai alternatif solusi desain melalui proses eksplorasi kreatif, *brainstorming*, pembuatan sketsa antarmuka (*wireframe*) dan alur navigasi menggunakan prinsip *usability heuristics* dari Nielsen[20],[21],[22], sehingga konsep yang paling sesuai dengan kebutuhan pengguna dapat dipilih sebagai dasar pembuatan prototipe.

2.4. Tahap *Prototype*

Tahap ini menghasilkan prototipe fungsional *website* dengan struktur navigasi dan komponen UI sesuai hasil ideasi. Desain antarmuka memperhatikan konsistensi warna, hierarki visual, tipografi, serta *responsive layout* agar dapat diakses pada berbagai perangkat.

2.5. Tahap *Test*

Tahap pengujian (*testing stage*) bertujuan untuk menilai sejauh mana rancangan antarmuka *website* Taekwondo Valentino Club dapat digunakan secara efektif, efisien, dan memuaskan oleh pengguna. Pengujian dilakukan melalui dua metode utama, yaitu kuesioner *System Usability Scale* (SUS)[23] dan observasi langsung terhadap pengguna yang menjalankan skenario tugas nyata[24]. Sebanyak 41 responden yang terdiri dari pengurus, pelatih, dan anggota klub berpartisipasi dalam uji coba ini.

Setiap responden diminta untuk menyelesaikan beberapa skenario tugas utama yang mencerminkan penggunaan aktual sistem:

- a) Kuesioner *System Usability Scale* (SUS)

Instrumen terdiri dari 10 item pernyataan dengan skala Likert 1–5 yang diberikan kepada 41 responden (pengurus, pelatih, anggota).

- b) Perhitungan Nilai SUS

Nilai SUS dihitung untuk memperoleh skor rata-rata, kemudian diinterpretasikan menurut kategori *usability*: *Excellent* (> 80,3), *Good* (68–80,3), *Oke* (51–67), *Poor* (< 51)[25],[26],[27],[28]. Data kuesioner yang diperoleh dari 41 responden diolah mengikuti prosedur Bangor[29]:

- 1) Jawaban responden diubah ke skor numerik (1–5) sesuai skala Likert.
- 2) Untuk item ganjil, skor dikurangi 1; untuk item genap, hasilnya adalah 5 dikurangi skor asli.
- 3) Seluruh skor dijumlahkan lalu dikalikan 2,5 untuk menghasilkan total skor SUS per responden.
- 4) Nilai akhir SUS adalah rata-rata dari seluruh responden.

- c) Observasi langsung

Dilakukan untuk melihat perilaku pengguna ketika menyelesaikan tugas tertentu, seperti *login*, menambah data anggota, atau mengunggah dokumentasi. Catatan meliputi kesalahan *input* dan umpan balik verbal pengguna[30],[31].

2.6. Tahap *Analisa Data*

Data kuantitatif dari kuesioner SUS diolah untuk menentukan tingkat *usability* secara numerik, sedangkan data kualitatif dari observasi dianalisis dengan teknik reduksi dan kategorisasi temuan. Hasil dari kedua teknik tersebut disintesis untuk menilai kesesuaian antara rancangan antarmuka dan kebutuhan pengguna. Pendekatan triangulasi ini digunakan untuk meningkatkan validitas hasil penelitian.

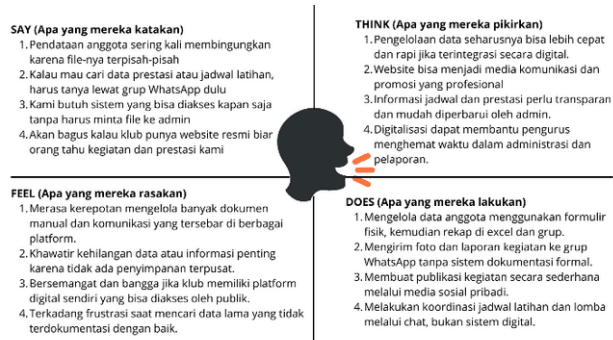
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahap *Empathize*: Identifikasi Kebutuhan dan Masalah Pengguna.

Hasil wawancara dan observasi terhadap pengurus, pelatih, dan anggota menunjukkan bahwa proses manajemen data anggota, jadwal latihan, serta dokumentasi prestasi masih dilakukan melalui berbagai media yang terpisah. Kondisi ini menimbulkan kendala dalam konsistensi data dan efisiensi penyampaian informasi.

Dari hasil observasi lapangan diperoleh *empathy map* seperti Gambar 2 yang memperlihatkan persepsi dan pengalaman pengguna yaitu pengurus, pelatih, serta anggota klub terhadap proses administrasi dan komunikasi di

Taekwondo Valentino Club yang dipetakan dalam *empathy maps*. Hasil pemetaan *empathy map* menunjukkan bahwa pengguna menghadapi kendala berupa fragmentasi informasi, pendataan konvensional, serta keterbatasan media komunikasi dalam aktivitas administrasi dan komunikasi klub.



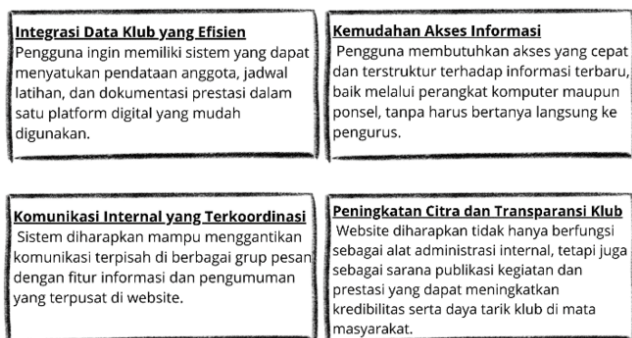
Gambar 2. Empathy Map

Temuan tersebut mengindikasikan kebutuhan akan sistem digital terpusat yang mampu mengintegrasikan informasi dan aktivitas administrasi. Pola kebutuhan ini menunjukkan karakteristik khas organisasi olahraga komunitas, di mana efisiensi dan kemudahan akses informasi menjadi faktor utama penerimaan sistem.

3.2 Tahap Define: Perumusan Tujuan Pengguna (User Goals)

Setiap persona memiliki peran dan prioritas berbeda terhadap penggunaan rancang *website* Taekwondo Valentino Club. Pengurus berperan sebagai pengelola utama sistem yang membutuhkan kemudahan dalam mengatur data, mengunggah dokumentasi kegiatan, serta mempublikasikan informasi resmi klub. Pelatih berfokus pada pengelolaan jadwal latihan, pencatatan prestasi, dan penyampaian informasi kepada atlet. Sementara itu, anggota klub membutuhkan akses cepat terhadap jadwal, pengumuman, dan informasi kegiatan terkini tanpa harus bergantung pada komunikasi personal.

Dari hasil sintesis kebutuhan tiap persona, diperoleh empat tujuan utama pengguna (*user goals*) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. User Goals

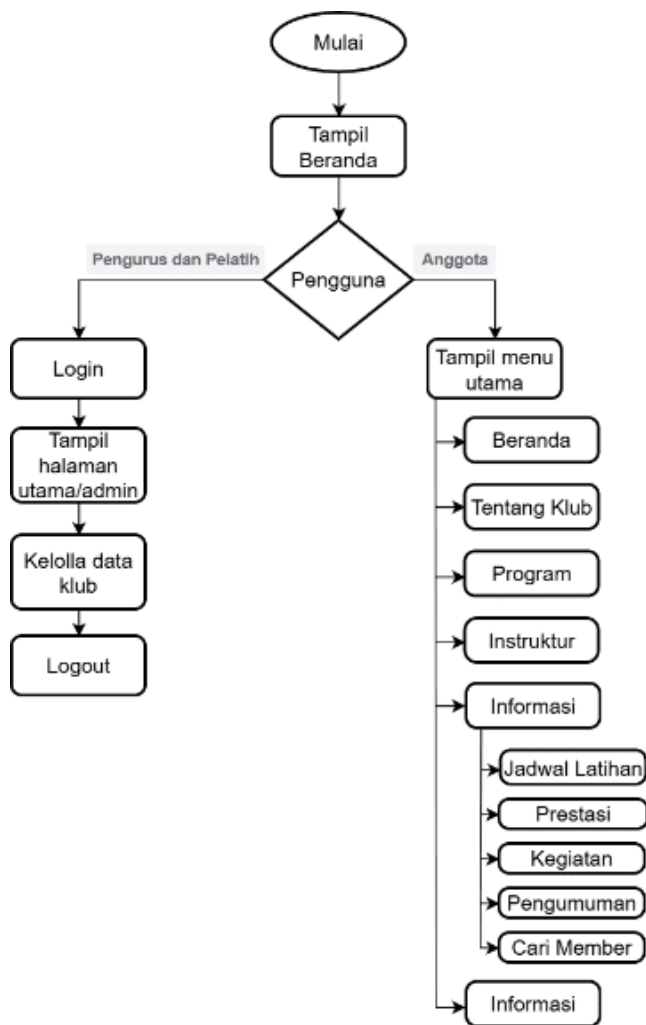
3.3 Tahap Ideate: Pengembangan Konsep dan Desain Awal

Pada tahap ideasi dilakukan sesi *brainstorming* untuk menentukan fitur dan navigasi yang paling sesuai dengan karakter pengguna. Dari hasil diskusi dan pengujian sketsa awal, disepakati rancangan struktur navigasi dan fitur utama *website* seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Navigasi dan fitur utama *website*

Navigasi Utama	Fungsi dan Tujuan Desain	Fokus Pengalaman Pengguna (UX Goals)
Beranda	Menampilkan identitas klub, slogan, dan video pengenalan dengan visual yang menarik.	Meningkatkan kesan profesional dan rasa kebanggaan pengguna terhadap klub.
Tentang Kami	Berisi profil singkat, visi-misi, serta nilai-nilai klub.	Menumbuhkan rasa kedekatan emosional pengguna terhadap organisasi.
Program	Menyajikan daftar program pelatihan berdasarkan usia dan level sabuk.	Memberikan kemudahan bagi calon anggota untuk memahami pilihan pelatihan.
Instruktur	Menampilkan daftar pelatih aktif beserta kualifikasi dan pengalaman.	Menambah kepercayaan pengguna terhadap kualitas pembinaan.
Informasi (Dropdown Menu)	Berisi submenu Jadwal Latihan, Prestasi, Kegiatan, Pengumuman, dan Cari Member.	Menjadi pusat informasi klub agar pengguna tidak bergantung pada grup pesan pribadi.
Kontak	Menyediakan alamat, nomor telepon, email, dan formulir komunikasi langsung.	Memudahkan interaksi publik dan calon anggota dengan pihak klub.
Tombol Login / Sign In	Akses khusus untuk pengurus dan pelatih mengelola konten digital.	Mendorong efisiensi kerja pengurus dan pembaruan data secara mandiri.

Fokus utama desain adalah pada kemudahan akses informasi, konsistensi visual, dan peningkatan efisiensi komunikasi internal klub. Gambar 4 merupakan *user flow* dari rancangan sistem yang menunjukkan bagaimana pengguna berinteraksi dengan *website* Taekwondo Valentino Club berdasarkan perannya.

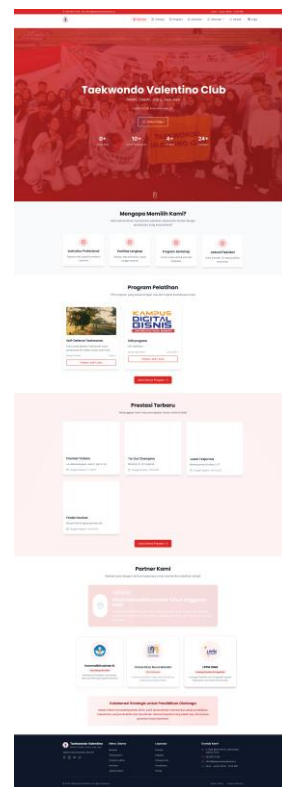


Gambar 4. User Flow

Proses dimulai dari halaman beranda, kemudian bercabang menjadi dua jenis pengguna yaitu pengurus/pelatih yang diarahkan untuk melakukan *login* dan mengakses halaman administrasi guna mengelola data klub, serta anggota/pengunjung umum yang langsung dapat menelusuri menu utama seperti beranda, tentang klub, program, instruktur, serta sub-menu informasi (jadwal latihan, prestasi, kegiatan, pengumuman, cari *member*). *User flow* ini memastikan bahwa struktur navigasi dirancang secara logis dan mudah dipahami, menjadi dasar untuk pembuatan prototipe pada tahap desain berikutnya.

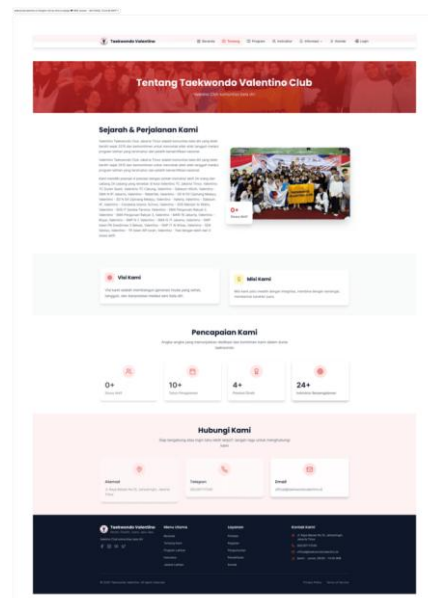
3.4 Tahap *Prototype*: Implementasi dan Deskripsi Sistem

Tahap prototipe menghasilkan desain antarmuka *high-fidelity website* Taekwondo Valentino Club yang merepresentasikan solusi dari tahap *Empathize*, *Define*, dan *Ideate*. Prototipe dikembangkan dengan struktur navigasi yang jelas dan konsisten, mencakup halaman utama, profil klub, program pelatihan, instruktur, informasi kegiatan, kontak, serta halaman *login* khusus bagi pengurus dan pelatih.



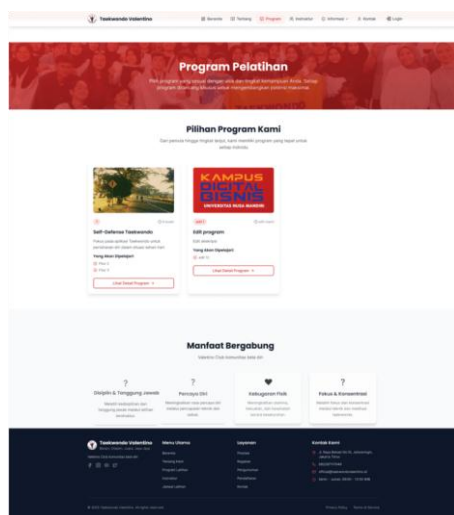
Gambar 5. Halaman Utama

Gambar 5 menampilkan halaman utama yang memuat identitas klub melalui hero *banner*, slogan, video pengenalan, serta statistik singkat seperti jumlah siswa aktif, prestasi, dan instruktur. Navigasi utama ditempatkan pada bagian atas halaman dan digunakan secara konsisten di seluruh halaman *website*.



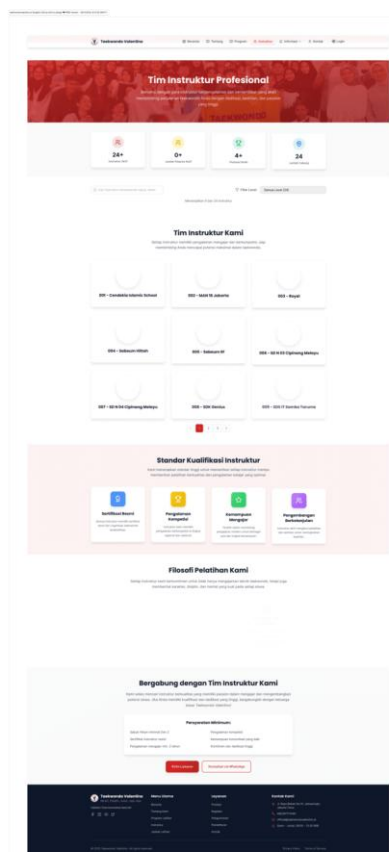
Gambar 6. Halaman Tentang Klub

Gambar 6 merupakan halaman tentang yang menyajikan informasi mengenai sejarah, visi, misi, dan filosofi pelatihan Taekwondo Valentino Club dalam format teks deskriptif yang dilengkapi dokumentasi visual.



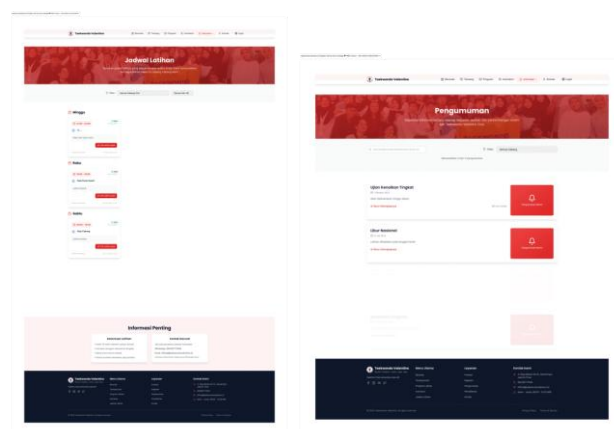
Gambar 7. Halaman Program

Gambar 7 merupakan halaman program menampilkan daftar program pelatihan dalam bentuk *card layout* yang memuat informasi level latihan, durasi, biaya, serta aksi lanjutan seperti pendaftaran dan berbagi informasi.



Gambar 8. Halaman Instruktur

Gambar 8 merupakan halaman instruktur yang menyajikan profil pelatih aktif dalam bentuk *grid layout* yang menampilkan foto, nama, dan kualifikasi masing-masing instruktur.

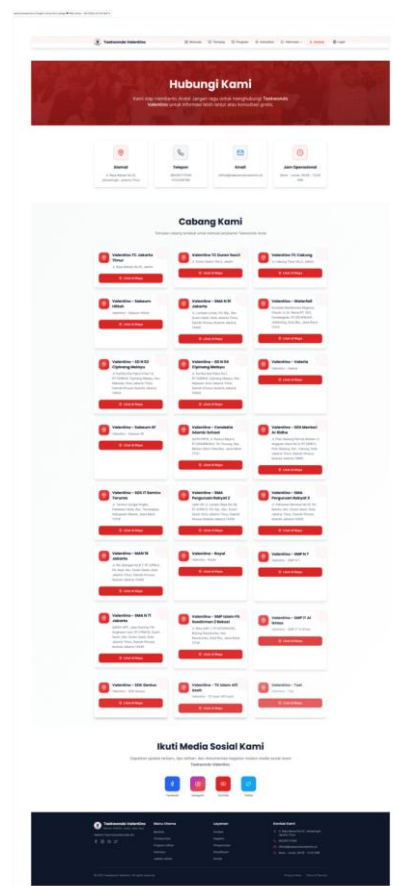


(a) halaman jadwal latihan

(b) halaman pengumuman

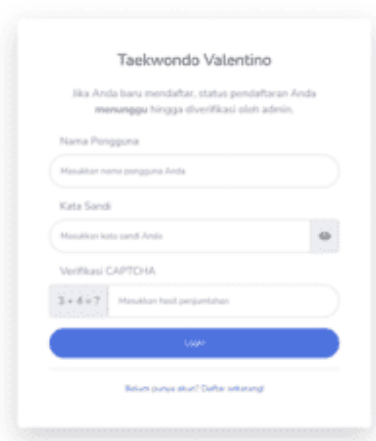
Gambar 9. Halaman Informasi

Gambar 9 merupakan tampilan dari submenu Informasi terdiri dari jadwal latihan, prestasi, kegiatan, pengumuman, dan pencarian anggota. Setiap submenu menyajikan konten sesuai kategori informasi yang dibutuhkan oleh anggota dan pengunjung umum.



Gambar 10. Halaman Kontak

Gambar 10 merupakan halaman kontak yang menampilkan informasi alamat dojo, nomor telepon, email resmi, serta jam operasional klub.



Gambar 11. Login Pengurus dan Pelatih

Gambar 11 merupakan halaman *login* yang disediakan khusus bagi pengurus dan pelatih untuk mengakses fitur administratif seperti pengelolaan data anggota, jadwal latihan, dokumentasi kegiatan, dan publikasi informasi.

Rancangan prototipe menunjukkan bahwa kebutuhan utama pengguna klub olahraga komunitas berfokus pada kemudahan akses informasi, kesederhanaan navigasi, dan konsistensi tampilan antarmuka. Penyajian informasi dalam struktur yang terorganisasi dan visual yang sederhana mendukung pengguna dengan tingkat literasi digital yang beragam, khususnya pelatih dan anggota klub yang tidak berlatar belakang teknis.

Penggunaan *card layout* pada halaman program dan penyajian informasi berbasis kategori pada menu informasi mendukung kemudahan pemindaian informasi (*scannability*), sehingga pengguna dapat memperoleh informasi penting secara cepat tanpa harus membaca konten secara mendalam. Temuan ini sejalan dengan prinsip *usability* yang menekankan kejelasan visual dan efisiensi kognitif dalam desain antarmuka berbasis web[20],[22].

Selain itu, konsistensi navigasi antar halaman dan pemisahan peran pengguna melalui halaman *login* khusus berkontribusi terhadap efisiensi pengelolaan konten oleh pengurus dan pelatih. Hal ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa struktur navigasi yang jelas dan konsisten berpengaruh positif terhadap persepsi kemudahan penggunaan sistem[17],[18]. Namun, dalam konteks klub olahraga komunitas, kesederhanaan desain menjadi faktor yang lebih dominan dibandingkan kelengkapan fitur yang kompleks.

3.5 Tahap Test: Evaluasi *Usability* dan Pengalaman Pengguna

a) Hasil Kuesioner *System Usability Scale* (SUS)

Hasil skor SUS sebesar 83 yang berada pada kategori *Excellent* sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menerapkan pendekatan *Design Thinking* pada sistem informasi non-komersial[11],[15]. Namun, berbeda dengan

penelitian tersebut, penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat *usability* yang tinggi juga dapat dicapai pada organisasi olahraga komunitas dengan sumber daya terbatas, selama kebutuhan pengguna diidentifikasi secara kontekstual sejak tahap empati. Tabel 2 menampilkan ringkasan nilai rata-rata per item.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Skor SUS *Website* Taekwondo Valentino Club

Item	Pernyataan	Rata-rata Skor	Interpretasi
F1	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur desain sistem ini	3,4	Baik
F2	Saya merasa fitur desain sistem ini terlalu rumit padahal dapat dibuat lebih sederhana	3,2	Baik
F3	Saya rasa fitur desain sistem ini mudah untuk digunakan	3,8	Sangat Baik
F4	Saya pikir saya membutuhkan bantuan dari orang teknis untuk dapat menggunakan fitur desain sistem ini	3,1	Baik
F5	Saya menemukan bahwa terdapat berbagai macam fitur desain sistem yang terintegrasi dengan baik dalam sistem	3,9	Sangat Baik
F6	Saya rasa banyak hal yang tidak konsisten terdapat pada fitur desain sistem ini	3,0	Cukup Baik
F7	Saya rasa mayoritas pengguna akan dapat mempelajari fitur desain sistem ini dengan cepat	3,9	Sangat Baik
F8	Saya menemukan bahwa fitur desain sistem ini sangat tidak praktis ketika digunakan	2,9	Cukup Baik
F9	Saya sangat yakin dapat menggunakan fitur desain sistem ini	3,8	Sangat Baik
F10	Saya harus belajar banyak hal terlebih dahulu sebelum saya dapat menggunakan fitur desain sistem ini	3,2	Baik

item F2, F4, F6, F8, dan F10 merupakan pernyataan negatif dalam instrumen SUS. Oleh karena itu, nilai rata-rata yang lebih rendah pada item-item tersebut justru menunjukkan persepsi *usability* yang lebih baik. Interpretasi ini sejalan dengan pedoman penggunaan SUS yang menekankan pentingnya membedakan item positif dan negatif dalam analisis hasil evaluasi *usability*[28], [29].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor rata-rata pada item negatif berada pada rentang 2,9–3,2, yang mengindikasikan bahwa mayoritas responden cenderung tidak setuju terhadap pernyataan bahwa sistem bersifat rumit, tidak konsisten, atau tidak praktis. Nilai total rata-rata

SUS dari seluruh responden adalah 33,2, yang setelah dikalikan faktor konversi 2,5 menghasilkan nilai akhir 83. Temuan ini menunjukkan bahwa desain UI/UX *website* telah mampu meminimalkan persepsi negatif pengguna terhadap kompleksitas dan kepraktisan sistem.

b) Skenario Pengujian dan Observasi

Pengujian *usability* juga dilakukan melalui observasi langsung terhadap pengguna yang menjalankan enam skenario tugas utama sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3. Setiap skenario merepresentasikan aktivitas inti pengguna dalam mengakses dan menggunakan *website* Taekwondo Valentino Club, mulai dari menelusuri halaman utama hingga berpindah antar menu navigasi.

Tabel 3. Skenario Tugas Utama Pengujian *Website* Taekwondo Valentino Club

Skenario Tugas	Deskripsi Aktivitas Pengguna	Temuan dan Hasil Observasi
Menelusuri halaman utama dan profil klub	Pengguna diminta mengakses beranda, membaca informasi klub, serta menonton video pengenalan pada halaman utama.	Semua responden dapat menemukan tombol “Tonton Video” dan navigasi utama tanpa kesulitan. Tampilan visual dinilai menarik dan mudah dipahami.
Melihat program pelatihan	Pengguna memilih menu Program dan membuka detail pelatihan.	Responden menyatakan tampilan program mudah dibaca, informasi jelas, dan tata letak jelas
Melihat data instruktur	Pengguna memilih menu Instruktur	Responden menyatakan dapat melihat data semua instruktur yang aktif dan standar kualifikasi instruktur
Melihat menu Informasi	Pengguna memilih menu Informasi dan diarahkan ke beberapa bagian seperti jadwal latihan, prestasi, kegiatan, pengumuman, dan cari <i>member</i>	Responden dapat mengakses semua menu, dan sebagian menyarankan agar ditambahkan tombol “Back to Top” untuk mempermudah kembali ke bagian atas halaman setelah membaca konten panjang.
Mengakses kontak klub	Pengguna memilih menu kontak klub.	Semua responden dapat menemukan informasi alamat, telepon, email, jam operasional dan lokasi dari masing-masing cabang dengan cepat
Menggunakan navigasi utama untuk berpindah halaman	Pengguna berpindah antar menu utama (beranda, tentang, program, instruktur, informasi, kontak) untuk menilai kemudahan navigasi.	Menu dinilai responsif dan mudah diakses

Hasil observasi menunjukkan bahwa 98% responden mampu menyelesaikan seluruh skenario tugas tanpa memerlukan bantuan teknis tambahan. Pengguna dapat mengakses halaman utama, melihat informasi program pelatihan, instruktur, menu informasi, serta halaman kontak sesuai dengan skenario yang diberikan.

3.6 Tahap Analisa Data

Hasil triangulasi antara kuesioner SUS dan observasi tugas menunjukkan kesesuaian antara persepsi pengguna dan perilaku penggunaan nyata, yang mengindikasikan bahwa rancangan antarmuka telah dirancang secara intuitif dan selaras dengan karakteristik pengguna klub olahraga komunitas.

Analisis item negatif pada instrumen SUS memperkuat temuan tersebut, di mana rendahnya skor pada pernyataan terkait kompleksitas, konsistensi, dan kepraktisan mencerminkan minimnya persepsi negatif terhadap sistem. Umpan balik minor seperti kebutuhan tombol “Back to Top” dan *sticky navigation* merepresentasikan peluang penyempurnaan desain pada level mikro tanpa mengganggu fungsionalitas utama sistem.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan UI/UX *website* Taekwondo Valentino Club menggunakan pendekatan *Design Thinking* yang berfokus pada kebutuhan pengguna klub olahraga komunitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan antarmuka mampu mendukung aktivitas administrasi dan penyampaian informasi klub secara efektif. Temuan penelitian menegaskan bahwa pendekatan *Design Thinking* relevan untuk pengembangan UI/UX pada organisasi olahraga komunitas dengan karakteristik pengguna non-teknis dan struktur yang relatif informal. Secara praktis, rancangan yang dihasilkan berpotensi mendukung digitalisasi pengelolaan klub melalui peningkatan efisiensi dan keteraturan informasi. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada satu studi kasus dan belum mencakup aspek keamanan data serta integrasi sistem lain, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji generalisasi temuan dan pengembangan sistem lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Yusman, R. R. Putra, and I. Sinaga, *Penerapan Sistem Informasi untuk Meningkatkan Tata Kelola dan Pelayanan Publik di Era Digital*. Serasi Media Teknologi, 2024.

[2] S. Mirzaye and M. Mohiuddin, “Digital Transformation in International Trade: Opportunities, Challenges, and Policy Implications,” *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 18, no. 8, p. 421, Aug. 2025, doi: 10.3390/jrfm18080421.

[3] E. E. W. Tulungen, D. P. E. Saerang, and J. B. Maramis, “Transformasi Digital : Peran Kepemimpinan Digital,” *Jurnal EMBA : Jurnal Riset*

- Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, vol. 10, no. 2, June 2022, doi: 10.35794/emba.v10i2.41399.
- [4] B. Hooshmand-Moghadam, M. Talebpour, and M. Keshtidar, "Digital and AI-Driven Transformation in Para-Sport Organizations: Inclusive Management, Strategic Innovation, Ethical Implications, and Future Scenarios," *Journal of Advances in Para-Sport Science*, vol. 5, no. 2, pp. 181–206, Aug. 2025.
- [5] Deputi 3 Kemenpora RI, "Menuju Tata Kelola Data Olahraga yang Terintegrasi, Kemenpora Gelar Persiapan Aplikasi Pusat Data Dan Informasi Olahraga Prestasi," *Kemenpora RI*, July 2025. [Online]. Available: <https://deputi3.kemenpora.go.id/detail/568/menuju-tata-kelola-data-olahraga-yang-terintegrasi-kemenpora-gelar-persiapan-aplikasi-pusat-data-dan-informasi-olahraga-prestasi>. [Accessed: Nov. 02, 2025].
- [6] I. Suyudi, "The Digital Revolution in Sports: Analyzing the Impact of Information Technology on Athlete Training and Management," *GRMILF*, vol. 3, no. 2, pp. 140–155, June 2023, doi: 10.52970/grmilf.v3i2.343.
- [7] S. Kurnia and N. Nawaningtyas, "Analisis Interaksi Pengguna dalam Desain User Interface dan User Experience yang Lebih Baik Menggunakan Metode Heuristik," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, Nov. 2024. [Online]. Available: <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/view/4433>. [Accessed: Nov. 02, 2025].
- [8] M. R. Prayoga, "Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Ujian Berbasis Website pada Cabang Olahraga Taekwondo (Studi Kasus: Pencab TI Kota Cirebon)," *Jurnal Pengembangan Teknologi, Ekonomi dan Bisnis Digital*, vol. 1, no. 1, pp. 39–48, Oct. 2025.
- [9] S. L. Prasajo, H. Wijaya, and N. Listiana, "Perancangan Desain Ui/Ux Aplikasi Penyewaan Lapangan Bulu Tangkis Menggunakan Metode Design Thinking Di Gor Trijaya Kota Bekasi," *Jurnal Inovasi Keuangan dan Manajemen*, vol. 5, no. 3, Sept. 2024. [Online]. Available: <https://ijurnal.com/1/index.php/jikm/article/view/111>. [Accessed: Nov. 02, 2025].
- [10] N. Najib and M. R. Abidin, "Perancangan Desain Antarmuka Aplikasi Komunitas Virtual Karate Kyokushin Dengan Metode Design Sprint," *Barik*, vol. 4, no. 3, pp. 57–63, Jan. 2023, doi: 10.26740/jdkv.v4i3.50868.
- [11] R. N. Saputri and M. Susilowati, "Penerapan Design Thinking untuk Perancangan UI/UX Sistem Informasi Manajemen Pengelolaan Rocky Gym," *Prosiding Seminar Nasional Universitas Ma Chung (Informatika & Sistem Informasi; Bahasa dan Seni; Farmasi)*, vol. 4, pp. 106–122, Sept. 2024.
- [12] F. A. Nurpratiknyo and B. Waspodo, "Digitalisasi Layanan Ticketing PERSIPASI untuk Peningkatan Efisiensi Proses Bisnis Klub Sepak Bola," *Sistematis*, vol. 2, no. 2, pp. 54–68, Apr. 2026, doi: 10.69533/h2cmq020.
- [13] N. Rösch, V. Tiberius, and S. Kraus, "Design thinking for innovation: context factors, process, and outcomes," *European Journal of Innovation Management*, vol. 26, no. 7, pp. 160–176, Mar. 2023, doi: 10.1108/EJIM-03-2022-0164.
- [14] L. F. Alvarado, "Design thinking as an active teaching methodology in higher education: a systematic review," *Front. Educ.*, vol. 10, Mar. 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1462938.
- [15] A. Hudzaifah and R. Maulana, "Penerapan UI/UX Design pada Website Pet Care Berbasis Metode Design Thinking," *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 11, no. 1, pp. 72–77, May 2025, doi: 10.54914/jit.v11i1.1771.
- [16] C. Dell'Era et al., "Design thinking in action: a quantitative study of design thinking practices in innovation projects," *Journal of Knowledge Management*, vol. 29, no. 11, pp. 32–58, Jan. 2025, doi: 10.1108/JKM-04-2024-0424.
- [17] M. S. Goundar and A. B. M. S. Ali, "Evaluating the Usability of Website Interfaces in Fiji," in *Proc. 2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*, Dec. 2022, pp. 1–5. doi: 10.1109/CSDE56538.2022.10089306.
- [18] M. A. Senubekti, G. L. Dajoreyta, and N. Anggraini, "Pembuatan Desain UI/UX dengan Metode Prototyping pada Aplikasi Layanan Pengadilan Negeri Bale Bandung menggunakan Figma," *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, Mar. 2024, doi: 10.54914/jit.v10i1.1001.
- [19] F. Aziz, D. U. E. Saputri, N. Khasanah, and T. Hidayat, "Penerapan UI/UX dengan Metode Design Thinking (Studi Kasus: Warung Makan)," *Jurnal Infortech*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, June 2023, doi: 10.31294/infortech.v5i1.15156.
- [20] I. D. N. M. Suputera, I. M. A. Pradnyana, and I. K. R. Arthana, "Usability Testing pada Sistem Informasi Akademik New Generation (SIK-NG) Undiksha Menggunakan Metode Heuristic Evaluation Ditinjau dari Pengguna Mahasiswa," *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 14–27, Sept. 2022, doi: 10.23887/insert.v3i1.43173.

- [21] Z. Feng, "Heuristics for Board Game Usability Testing," in *Proc. 2023 IEEE Conference on Games (CoG)*, Aug. 2023, pp. 1–4. doi: 10.1109/CoG57401.2023.10333187.
- [22] S. Munir and M. W. Nugroho, "Analisis dan Evaluasi Desain Web Profil Sekolah dengan Pendekatan Nielsen Usability Model," *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 8, no. 2, pp. 104–108, Sept. 2022, doi: 10.54914/jit.v8i2.508.
- [23] S. A. C. Perrig, N. von Felten, B. Vollenwyder, and K. Opwis, "Development and Psychometric Validation of a Positively Worded German Version of the System Usability Scale (SUS)," *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol. 41, no. 16, pp. 10399–10419, Aug. 2025, doi: 10.1080/10447318.2024.2434720.
- [24] D. U. E. Saputri and S. Sardiarinto, "Pengembangan Sistem Rekrutmen Lowongan Kerja Berbasis Web Untuk Optimalisasi Bursa Kerja Khusus (BKK)," *Jurnal Pariwisata Bisnis Digital dan Manajemen*, vol. 4, no. 1, pp. 68–77, June 2025, doi: 10.33480/jasdim.v4i1.6796.
- [25] O. Suria, "A Statistical Analysis of System Usability Scale (SUS) Evaluations in Online Learning Platform," *journalisi*, vol. 6, no. 2, pp. 992–1007, June 2024, doi: 10.51519/journalisi.v6i2.750.
- [26] P. Y. Pratiwi, I. M. Ardwi Pradnyana, and N. K. Winda Damayanti, "Usability Analysis on Digital Library Information System using System Usability Scale (SUS)," in *Proc. 2023 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)*, Sept. 2023, pp. 293–298. doi: 10.1109/IEIT59852.2023.10335582.
- [27] N. B. Puspitasari, Y. Aulia, and Z. Rosyada, "Usability evaluation of online transportation using Nielsen model," *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, vol. 10, pp. 001–009, Nov. 2023, doi: 10.30574/wjaets.2023.10.2.0283.
- [28] A. Bangor, P. T. Kortum, and J. T. Miller, "An Empirical Evaluation of the System Usability Scale," *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol. 24, no. 6, pp. 574–594, July 2008, doi: 10.1080/10447310802205776.
- [29] A. Bangor, P. Kortum, and J. Miller, "Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale," *J. Usability Studies*, vol. 4, no. 3, pp. 114–123, May 2009.
- [30] Ardiansyah, Risnita, and M. S. Jailani, "Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif," *IHSAN : Jurnal Pendidikan Islam*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, July 2023, doi: 10.61104/ihsan.v1i2.57.
- [31] S. Santoso, E. Kusnanto, and M. Saputra, "Perbandingan Metode Pengumpulan Data dalam Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif Serta Aplikasinya dalam Penelitian Akuntansi Interpretatif," *OPTIMAL Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, vol. 2, pp. 351–360, Sept. 2022, doi: 10.55606/optimal.v4i3.4457.



KLASIFIKASI BUAH KELAPA SAWIT DENGAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* ARSITEKTUR INCEPTION-V4

Theresia Kurniati Seran¹, Septyan Eka Prastya², Muhammad Zulfadhilah³, Rudy Ansari⁴

^{1,2,3} Teknologi Informasi, Universitas Sari Mulia

⁴ Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia 70236

theresiakurniatiseran@gmail.com, septyan.e.prastya@unism.ac.id, zulfadhilah@unism.ac.id, rudy@umbjm.ac.id

Abstract

The palm oil industry plays a crucial role in Indonesia's economy, making fruit classification by ripeness levels essential to ensuring the quality of palm oil production. This study aims to develop a classification system for oil palm fruits into two categories: ripe and unripe, using a Convolutional Neural Network with the Inception-v4 architecture. The dataset consists of 2,900 images, divided into training (2,000), validation (500), and testing (400) sets. The research stages include data collection, pre-processing (duplicate detection, augmentation, and normalization), model training with Inception-v4, evaluation, and result interpretation. Model performance was evaluated using accuracy, precision, recall, f1-score, and confusion matrix. Results indicate that Inception-v4 achieved the highest validation accuracy of 95% in classifying oil palm fruit. Further experiments were conducted using various optimizers (SGD, Adam, RMSprop, Adagrad, Adadelta) to enhance performance. This study confirms that Inception-v4 is highly effective for oil palm fruit classification and can be applied in plantation industries to improve harvest efficiency and production quality.

Keywords: Convolutional Neural Network, Fruit Classification, Inception-v4, Oil Palm, Optimizer

Abstrak

Industri kelapa sawit memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia, sehingga proses klasifikasi buah berdasarkan tingkat kematangan menjadi krusial untuk menjamin kualitas produksi minyak sawit. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi buah kelapa sawit menjadi kategori matang dan mentah dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* berbasis arsitektur Inception-v4. *Dataset* penelitian terdiri dari 2.900 gambar, yang terbagi menjadi data pelatihan (2.000), validasi (500), dan pengujian (400). Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, *pre-processing* (deteksi duplikat, augmentasi, dan normalisasi), pemodelan menggunakan Inception-v4, pelatihan model, evaluasi, dan interpretasi hasil. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1-score*, dan *confusion matrix*. Hasil menunjukkan bahwa model Inception-v4 mampu mengklasifikasikan buah kelapa sawit dengan akurasi validasi tertinggi sebesar 95%. Eksperimen dengan berbagai *optimizer* (SGD, Adam, RMSprop, Adagrad, Adadelta) dilakukan untuk meningkatkan performa. Penelitian ini menunjukkan bahwa Inception-v4 efektif dalam klasifikasi buah kelapa sawit dan dapat diterapkan pada industri perkebunan untuk meningkatkan efisiensi panen dan produksi.

Kata kunci: Convolutional Neural Network, Inception-v4, Kelapa Sawit, Klasifikasi Buah, Optimizer

1. PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit memiliki peran yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, luas perkebunan kelapa sawit Indonesia pada tahun 2023 mencapai lebih dari 15 juta hektar dengan produksi hampir 47 juta ton tandan buah segar[1]. Komoditas ini menyumbang devisa yang besar melalui ekspor minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) serta produk turunannya, sehingga menjadikannya salah satu sektor strategis nasional. Selain itu, minyak sawit digunakan

dalam berbagai produk seperti pangan, kosmetik, hingga biofuel yang semakin meningkat permintaannya di pasar global. Kualitas produksi minyak sawit sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah yang dipanen. Selama ini, proses penentuan kematangan buah kelapa sawit masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual oleh tenaga kerja di lapangan. Cara ini memiliki keterbatasan karena subjektif, tidak konsisten, serta membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang dapat

mengklasifikasikan buah sawit dengan lebih cepat, akurat, dan konsisten.

Perkembangan teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) membuka peluang besar untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode *image processing* dan *machine learning* telah banyak digunakan dalam bidang pertanian, termasuk untuk klasifikasi buah [2]. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*, sebuah arsitektur *deep learning* yang dirancang khusus untuk menganalisis data visual [3]. CNN mampu mengekstraksi fitur kompleks dari gambar, seperti warna, tekstur, dan bentuk, sehingga sangat sesuai untuk tugas klasifikasi objek pertanian. Pada bagian pendahuluan, penulis harus menuliskan (secara berurutan) latar belakang penelitian mulai dari hal umum ke khusus, alasan objek yang dipilih, perumusan masalah, tujuan penelitian serta batasan masalah yang dituliskan secara jelas dan spesifik [4].

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas CNN untuk klasifikasi buah sawit. Misalnya, metode *K-Nearest Neighbor (K-NN)* mencapai akurasi di atas 90% [5], sementara CNN bahkan dapat mencapai akurasi mendekati 98% [6]. Di sisi lain, [7] menunjukkan bahwa arsitektur Inception-v4 memiliki potensi tinggi dengan akurasi rata-rata lebih dari 91% meskipun masih menghadapi *underfitting* pada kasus tertentu. Penelitian lain oleh [8] menggabungkan AlexNet dengan Inception-v4 untuk diagnosis penyakit tanaman dengan hasil yang memuaskan. Hal ini memperkuat bahwa arsitektur Inception-v4 mampu mengekstraksi fitur visual yang kompleks dan relevan.

Penerapan Inception-v4 khusus pada klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit masih jarang dilakukan. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada arsitektur lain seperti Inception-v3 atau ResNet, atau pada objek selain buah kelapa sawit. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan menerapkan arsitektur Inception-v4 dalam klasifikasi buah kelapa sawit menjadi dua kategori, yaitu matang dan mentah [8]. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan performa beberapa algoritma optimisasi populer (SGD, Adam, RMSprop, Adagrad, Adadelta) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja model [9].

Penelitian tidak hanya berfokus pada peningkatan akurasi klasifikasi, tetapi juga pada peningkatan efisiensi proses melalui pemanfaatan teknologi *deep learning* [10]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam otomatisasi industri kelapa sawit, khususnya pada proses panen dan pengolahan, sehingga lebih efisien, konsisten, dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan *deep learning*. *Dataset* berjumlah 2.900 citra

buah kelapa sawit yang terbagi dalam dua kategori utama yaitu matang dan mentah. Data diperoleh dari dua sumber, yakni *dataset* daring (Kaggle) [1] serta dokumentasi lapangan menggunakan kamera digital. Proses pengumpulan data memperhatikan keberagaman sudut pandang, pencahayaan, dan kondisi buah agar model yang dilatih. Berikut rumus *Convolutional Neural Network*.

$$y(i, j) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} X(i+m, j+n) \cdot K(m, n)$$

Keterangan:

$Y(i, j)$: nilai output fitur (*feature map*) pada posisi piksel ke- i, j

$X(i+m, j+n)$: nilai piksel *input* citra pada posisi $(i+m, j+n)$

$K(m, n)$: kernel atau filter konvolusi berukuran $M \times N$

M, N : tinggi dan lebar kernel

m, n : indeks pergeseran kernel terhadap citra input

Σ : operasi penjumlahan seluruh hasil perkalian elemen

2.1 Metode Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Metode Pengujian

Metode pengumpulan data dilakukan dengan menggabungkan dua sumber utama. Pertama, data citra buah kelapa sawit pada gambar 1 diperoleh dari *dataset* daring (Kaggle) yang menyediakan ribuan gambar dengan label kematangan.



Gambar 1. Buah Sawit yang Diperoleh dari *Dataset* Daring

Kedua, dokumentasi lapangan dilakukan dengan mengambil gambar langsung di perkebunan sawit menggunakan kamera digital beresolusi tinggi seperti pada gambar 2. Pengambilan gambar memperhatikan variasi pencahayaan, sudut pandang, dan kondisi buah untuk menghasilkan *dataset* yang representatif.



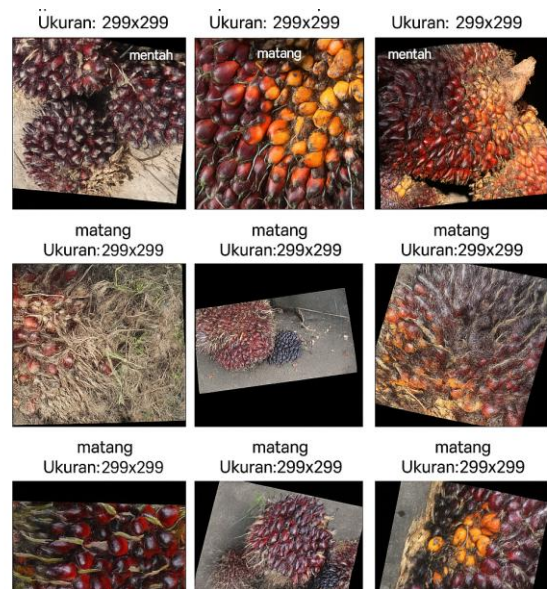
Gambar 2. Buah Sawit yang Diambil Menggunakan Kamera Digital

Instrumen penelitian terdiri dari perangkat keras berupa laptop dengan prosesor Intel i7, RAM 16 GB, dan GPU NVIDIA, serta perangkat lunak PyTorch dan *library* Timm yang digunakan dalam pemodelan CNN. Selain itu, Google Colab juga dimanfaatkan untuk mendukung pelatihan model yang membutuhkan GPU.

Metode pengujian dilakukan dengan membagi *dataset* menjadi 70% data latih, 20% data validasi, dan 10% data uji. Data latih digunakan untuk membangun model, data validasi untuk mengevaluasi performa saat pelatihan, dan data uji untuk mengukur kinerja akhir model. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1-score*, dan *confusion matrix*. Selain itu, dilakukan uji coba dengan berbagai *optimizer* (Adam, SGD, RMSprop, Adagrad, dan Adadelata) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap konvergensi dan hasil klasifikasi.

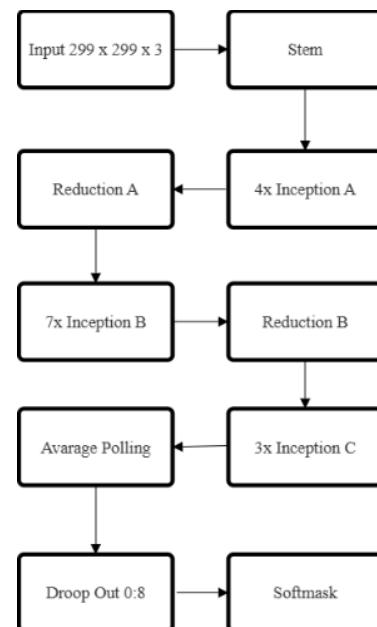
2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari proses pengumpulan data yang dilakukan melalui dua sumber utama, yaitu *dataset* publik dari Kaggle serta dokumentasi lapangan langsung menggunakan kamera digital. Pengambilan gambar lapangan dilakukan pada kondisi pencahayaan dan sudut pandang yang bervariasi agar menghasilkan *dataset* yang lebih representatif. Data yang diperoleh kemudian melalui tahap *pre-processing* yang meliputi deteksi dan penghapusan citra duplikat, augmentasi berupa rotasi acak, pembalikan horizontal, dan *random resized crop* pada ukuran 299x299 piksel. Selain itu, dilakukan normalisasi nilai piksel agar citra siap digunakan dalam pemodelan. Hasil augmentasi pada *data train* dapat dilihat pada gambar 3.



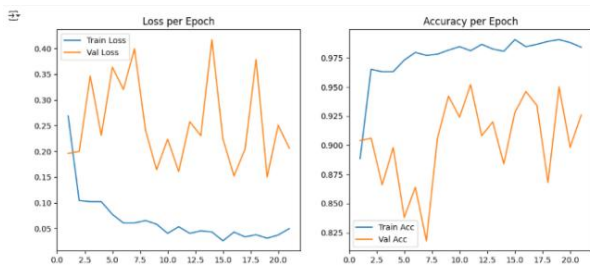
Gambar 3. Gambar *Data Train* Setelah Augmentasi

Setelah data siap, dilakukan pemodelan menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network Inception-v4* yang memanfaatkan bobot awal dari ImageNet melalui teknik *transfer learning*. Pemilihan arsitektur ini didasarkan pada kemampuannya mengekstraksi fitur visual yang kompleks. Proses pelatihan dilakukan dengan parameter *batch size* 32, *learning rate* awal 0,001, serta jumlah *epoch* sebanyak 50. Dalam tahap pelatihan, digunakan beberapa *optimizer* seperti Adam, SGD, RMSprop, Adagrad, dan Adadelata untuk melihat pengaruhnya terhadap stabilitas konvergensi dan hasil klasifikasi [11]. Gambar 4 merupakan alur kerja Inception-v4.



Gambar 4. Flowchart Cara Kerja Inception-v4

Tahap berikutnya adalah evaluasi model yang dilakukan dengan menggunakan data validasi dan data uji. Grafik pada gambar 5 menampilkan performa model selama pelatihan.



Gambar 5. Grafik Loss Per Epoch dan Accuracy Per Epoch

Evaluasi dilakukan dengan menghitung nilai akurasi, presisi, *recall*, *f1-score*, serta menganalisis *confusion matrix* dan *classification report* yang dapat dilihat pada gambar 6 untuk mengetahui tingkat keberhasilan klasifikasi pada masing-masing kategori buah matang dan mentah. Seluruh hasil evaluasi kemudian diinterpretasikan dengan membandingkan performa model berdasarkan metrik evaluasi serta perbedaan hasil antar *optimizer*. Interpretasi ini juga menjadi dasar dalam memberikan gambaran potensi penerapan model di industri kelapa sawit sekaligus menegaskan kelebihan dan keterbatasan penelitian [12]. Berikut rumus evaluasi

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 = 2 \cdot \frac{Presisi \cdot Recall}{Presisi + Recall}$$

Keterangan:

TP: *True Positive*

TN: *True Negative*

FP: *False Positive*

FN: *False Negative*



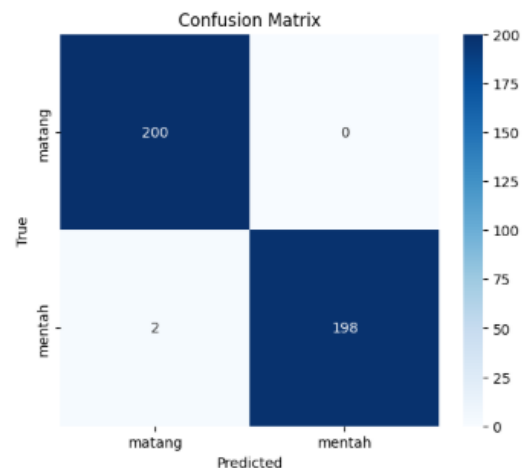
Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
matang	0.99	1.00	1.00	200
mentah	1.00	0.99	0.99	200
accuracy			0.99	400
macro avg	1.00	0.99	0.99	400
weighted avg	1.00	0.99	0.99	400

Gambar 5. Akurasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil awal sebelum dilakukan *tuning* menunjukkan akurasi model berada pada kisaran 40–50%. Setelah dilakukan proses optimasi menggunakan beberapa *optimizer*, performa meningkat signifikan hingga 90–95%. Bagian ini

menyajikan hasil secara berurutan dari performa awal sebelum optimasi hingga performa terbaik setelah penerapan *optimizer*. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa arsitektur Inception-v4 mampu mencapai akurasi validasi hingga 95%, dengan hasil pengujian rata-rata 94% pada data uji [9]. *Precision* untuk kelas matang sebesar 96% dan untuk kelas mentah sebesar 93%. *Recall* untuk kelas matang mencapai 95%, sedangkan kelas mentah 92%, dengan *f1-score* rata-rata 94%. *Confusion matrix* memperlihatkan bahwa kesalahan klasifikasi relatif kecil, terutama pada kelas mentah yang kadang teridentifikasi sebagai matang, dapat dilihat pada gambar 7 [13].



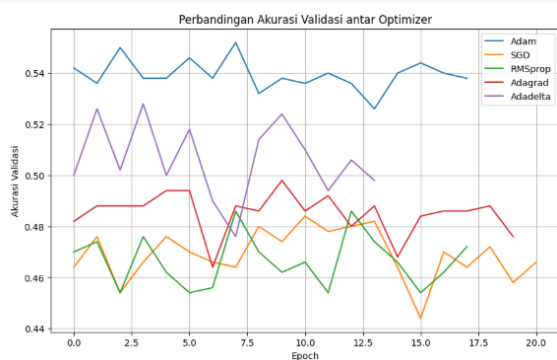
Gambar 6. Confusion Matrix

Eksperimen *optimizer* menunjukkan variasi hasil: Adam memberikan stabilitas dan akurasi tertinggi, RMSprop mendekati performa Adam dengan konvergensi cepat, sedangkan SGD memerlukan penyesuaian *learning rate* agar mencapai hasil optimal. Adagrad dan Adadelta menunjukkan kinerja lebih rendah dengan akurasi rata-rata 90–91%. Grafik akurasi per *epoch* memperlihatkan bahwa Adam dan RMSprop konsisten meningkat hingga stabil, sementara SGD dan Adagrad cenderung fluktuatif [14]. Perbandingan setiap *optimizer* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan *Optimizer*

<i>Optimizer</i>	Max Train Acc	Max Val Acc	Epoch Berhenti
Adam	0.4995	0.5500	18
SGD	0.5769	0.4840	21
Adadelta	0.4625	0.5280	14
Adagrad	0.5405	0.4980	20
RMSprop	0.5280	0.4860	18

Grafik akurasi per *epoch* memperlihatkan bahwa Adam dan RMSprop konsisten meningkat hingga stabil, sementara SGD dan Adagrad cenderung fluktuatif, grafik perbandingan dapat dilihat pada gambar 8 [15].



Gambar 7. Perbandingan Akurasi Validasi Antar Optimazer

Secara keseluruhan, pembahasan menegaskan bahwa Inception-v4 memiliki keunggulan dalam mengekstraksi fitur kompleks buah kelapa sawit, sehingga dapat menjadi solusi efektif dalam otomatisasi klasifikasi buah di industri perkebunan [8].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa *Convolutional Neural Network* arsitektur Inception-v4 sangat efektif untuk klasifikasi buah kelapa sawit matang dan mentah. Model mampu mencapai akurasi validasi 95% dan performa rata-rata f1-score 94%, dengan hasil yang konsisten di berbagai metrik evaluasi. Pengujian berbagai *optimizer* mengindikasikan bahwa Adam dan RMSprop adalah pilihan terbaik untuk stabilitas dan kecepatan konvergensi, sementara *optimizer* lain memberikan performa yang lebih rendah.

Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan *deep learning* berbasis Inception-v4 dapat diintegrasikan dalam proses klasifikasi otomatis untuk membantu industri kelapa sawit dalam meningkatkan kualitas produksi dan mengurangi ketergantungan pada metode manual. Sebagai tindak lanjut, penelitian lanjutan disarankan untuk menguji model pada *dataset* lebih besar dan bervariasi, serta mengintegrasikan sistem ke dalam perangkat IoT untuk mendukung penerapan lapangan secara *real-time*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sari Mulia Banjarmasin, para dosen pembimbing, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, "Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023," *Badan Pusat Statistik*, vol. 17, p. 85, 2024.
- [2] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 2nd Ed. Washington: Springer, p. 1232, 2021.
- [3] J. Nainggolan, D. Y. Niska, F. Marpaung, I. Taufik, and K. S. S., "Palm Fruit Ripeness Detection System Using Convolutional Neural Network (CNN) Algorithm," *J. Artif. Intell. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 3, pp. 1700–1705, 2025, doi: 10.59934/jaiea.v4i3.989.
- [4] D. Setiawan, P. E. P. Utomo, and M. Alfalah, "Detection of Oil Palm Fruit Ripeness through Image Feature Optimization using Convolutional Neural Network Algorithm," *Int. J. Informatics Vis.*, vol. 9, no. 2, pp. 674–682, 2025, doi: 10.62527/joiv.9.2.2687.
- [5] M. Naghipour, L. S. Ling, and T. Connie, "A Review of AI Techniques in Fruit Detection and Classification: Analyzing Data, Features and AI Models Used in Agricultural Industry," *Int. J. Technol.*, vol. 15, no. 3, pp. 585–596, 2024, doi: 10.14716/ijtech.v15i3.6404.
- [6] G. N. Elwirehardja, J. S. Prayoga, and Suharjito, "Corrigendum to 'Oil palm fresh fruit bunch ripeness classification on mobile devices using deep learning approaches' [Comput. Electron. Agric. 188 (2021) 106359]," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 207, p. 107735, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.compag.2023.107735.
- [7] R. Sekhar *et al.*, "Noise robust classification of carbide tool wear in machining mild steel using texture extraction based transfer learning approach for predictive maintenance," *Results Control Optim.*, vol. 17, no. September 2023, p. 100491, 2024, doi: 10.1016/j.rico.2024.100491.
- [8] Z. Li *et al.*, "Improved AlexNet with Inception-V4 for Plant Disease Diagnosis," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/5862600.
- [9] E. Prasiwinigrum and A. Lubis, "Classification Of Palm Oil Maturity Using CNN (Convolution Neural Network) Modelling ResNet 50," *Decod. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 3, pp. 983–999, 2024, doi: 10.51454/decode.v4i3.822.
- [10] A. Y. Saleh and E. Liansitim, "Palm oil classification using deep learning," *Sci. Inf. Technol. Lett.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.31763/sitech.v1i1.1.
- [11] S. I. Guslianto and S. 'Uyun, "Klasifikasi Kematangan Buah Sawit Berdasarkan Fitur Warna, Bentuk dan Tekstur Menggunakan Algoritma K-NN," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 9, no. 3, p. 407, 2023, doi: 10.26418/jp.v9i3.64877.
- [12] W. H. Chong, N. A. Ramli, W. M. R. Wan Mustafa, and L. J. Awalin, "Computer Vision and Artificial Intelligence (AI)-Based Ripeness Classification of Oil Palm Fruits in Oil Palm Plantations," *ASEAN Artif. Intell. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 44–58, 2025, doi: 10.37934/aaij.2.1.4458.

- [13] Z. Omar, A. P. P. A. Majeed, M. Rosbi, S. A. Ghazalli, and H. Selamat, "Outdoor oil palm fruit ripeness dataset," *Data Br.*, vol. 55, pp. 1–7, 2024, doi: 10.1016/j.dib.2024.110667.
- [14] H. Herman, A. Susanto, T. W. Cenggoro, S. Suharjito, and B. Pardamean, "Oil Palm Fruit Image Ripeness Classification with Computer Vision using Deep Learning and Visual Attention," *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 2, pp. 21–27, 2020, [Online]. Available: <https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/5543>
- [15] Y. Jin, Z. You, and N. Cai, "Simplified Inception Module Based Hadamard Attention Mechanism for Medical Image Classification," *J. Comput. Commun.*, vol. 11, no. 06, pp. 1–18, 2023, doi: 10.4236/jcc.2023.116001.



PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI MEDIA BUATAN AI MENGGUNAKAN ARSITEKTUR CNN *RESNET-50*

Guruh Pratama Putra¹, Adam Sekti Aji²

^{1,2} Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta
 Yogyakarta, D.I Yogyakarta, Indonesia 55164
guruhputra1412@gmail.com, adamaji@uty.ac.id

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence (AI) technology has led to an increase in AI-generated media that is increasingly difficult to distinguish from authentic media. This phenomenon presents significant challenges in various fields, including digital security and the creative industry, necessitating a reliable automatic detection system. Manual identification is inefficient and error-prone, as it requires specialized expertise to recognize subtle digital media. This study proposes the development of an AI-generated media detection system using a Convolutional Neural Network (CNN) with the ResNet-50 architecture. The ResNet-50 model was chosen due to its proven ability to handle deep feature extraction and overcome the vanishing gradient problem. A sample of 4.600 images, 2.300 AI images and 2.300 real images, were used. The research methodology included data collection from various Kaggle datasets, data preprocessing including resizing and augmentation, model training, and performance evaluation based on accuracy, precision, and recall metrics. Experimental results show that the developed model achieved a high testing accuracy of 97.30%. This indicates the model's capability to effectively classify media as AI-generated or real with high precision. This research is expected to be a valuable reference for the development of more accurate and efficient AI systems in detecting synthetic media.

Keywords: AI Media Detection, CNN, Deep Learning, ResNet-50, Transfer Learning

Abstrak

Kemajuan pesat teknologi kecerdasan buatan (AI) telah menyebabkan peningkatan media buatan AI yang semakin sulit dibedakan dari media autentik. Fenomena ini menghadirkan tantangan signifikan di berbagai bidang, termasuk keamanan digital dan industri kreatif, sehingga memerlukan sistem deteksi otomatis yang andal. Identifikasi manual tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan, karena membutuhkan keahlian khusus untuk mengenali media digital yang halus. Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem deteksi media buatan AI menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *ResNet-50*. Model *ResNet-50* dipilih karena kemampuannya yang telah terbukti dalam menangani ekstraksi fitur mendalam dan mengatasi masalah *vanishing gradient*. Terdapat 4.600 gambar dengan 2.300 gambar AI dan 2.300 gambar asli. Metodologi penelitian meliputi pengumpulan data dari berbagai *dataset* Kaggle, *preprocessing* data termasuk perubahan ukuran dan augmentasi, pelatihan model, serta evaluasi performa berdasarkan akurasi, *presicion*, dan *recall*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mencapai akurasi pengujian yang tinggi sebesar 97,30%. Hal ini menandakan kapabilitas model untuk secara efektif mengklasifikasikan media sebagai buatan AI atau asli dengan presisi tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi berharga untuk pengembangan sistem AI yang lebih akurat dan efisien dalam mendeteksi media sintetis.

Kata kunci: CNN, Deteksi Media AI, Deep Learning, ResNet-50, Transfer Learning

1. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dalam teknologi kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligent (AI)* telah memicu transformasi di berbagai sektor, termasuk dalam ranah pengenalan gambar. Salah-satu tolak ukur fundamental dalam pengembangan AI adalah pencapaian kemampuan untuk menginterpretasi dan mengategorikan data visual secara akurat. Untuk tugas

spesifik seperti klasifikasi gambar, *Convolutional Neural Network* (CNN) telah muncul sebagai salah-satu metodologi yang paling efektif dan berhasil hingga saat ini[1]. Gambar buatan AI ini sedang ramai diperbincangkan di media sosial sekarang. Gambar tersebut dibuat dengan cara memasukkan deskripsi perintah, gambar seperti apa yang pengguna inginkan. Salah -satu model AI terkenal untuk membuat

gambar adalah *Stable Diffusion*. Dengan maraknya gambar buatan AI ini, orang-orang mulai khawatir tidak bisa membedakan gambar buatan AI dengan gambar asli yang dibuat oleh tangan manusia. Arsitektur CNN didasarkan pada prinsip kerja sistem visual manusia. Sebagaimana manusia memproses informasi visual dengan mengidentifikasi pola dan fitur khas objek yang dilihat dengan pemahaman itulah CNN dirancang secara spesifik untuk meniru kemampuan tersebut guna memahami fitur yang ada pada gambar[2].

CNN merupakan salah-satu metode yang paling umum digunakan dan telah terbukti efektif dalam pemrosesan data citra untuk pengenalan pola. Pada penelitian ini, menggunakan CNN *ResNet-50*, bertujuan untuk membangun sistem yang dapat mendeteksi fitur-fitur pada gambar AI secara lebih optimal dengan mencari nilai *precision*, *recall*, dan akurasi terbaik. CNN memiliki kemampuan yang baik dalam menganalisis gambar dan mengenali pola, telah terbukti efektif dalam berbagai tugas pengolahan citra, termasuk mendeteksi gambar AI. Fokus utama penelitian ini adalah memahami bagaimana algoritma CNN dapat digunakan untuk membuat sistem deteksi media gambar dengan tujuan meningkatkan akurasi serta kecepatan dalam proses pengenalan.

Terdapat penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini, dengan memanfaatkan arsitektur *EfficientNetB0* dan integrasi *OpenCV* untuk ekstraksi *landmark* wajah, yang berhasil mencapai akurasi sebesar 91% dalam mendeteksi citra *DeepFake*[3]. Pada penelitian kali ini, penulis ingin menerapkan arsitektur *ResNet-50* yang memiliki lapisan lebih dalam guna mengoptimalkan ekstraksi fitur pada media generatif. Selain itu, menambahkan fitur deteksi video AI.

Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas penerapan model CNN dalam mendeteksi media gambar AI. Dengan melatih jaringan serta memanfaatkan teknik ekstraksi fitur yang lebih maju, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kemampuan model CNN dalam mengenali dan mengelompokkan gambar buatan AI secara otomatis. Pada penelitian ini juga terdapat GUI untuk menguji secara langsung media gambar dan video yang bisa diunggah.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

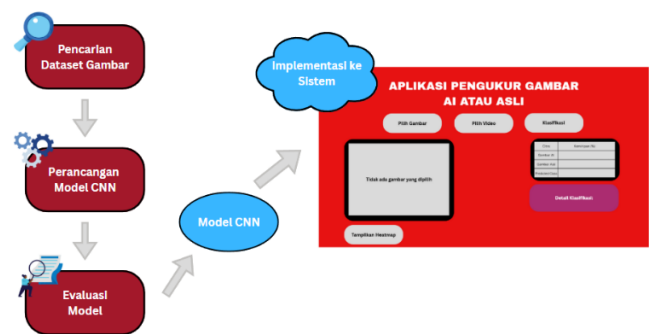
Proses pengembangan sistem deteksi media buatan AI ini dilakukan secara sistematis melalui empat tahapan utama, mulai dari perolehan data hingga implementasi ke dalam sistem antarmuka pengguna. Alur tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut penjelasan setiap tahapan:

1) Pencarian *Dataset* Gambar

Tahap awal penelitian berfokus pada pengumpulan data sebagai bahan utama pelatihan model. Data yang digunakan

bersumber dari platform *Kaggle* dan beberapa tangkapan gambar secara mandiri. *Dataset* ini terdiri dari:

- Data *Training*:** Sebanyak 4.600 gambar yang terbagi seimbang antara 2.300 gambar asli dan 2.300 gambar buatan AI.
- Data *Testing*:** Sebanyak 1.000 gambar yang juga dibagi secara merata untuk mengukur performa akhir model.
- Data Tambahan:** Untuk menguji generalisasi sistem di luar *dataset Kaggle*, penulis juga mengumpulkan 10 gambar dari Pinterest dan 5 video buatan AI dari YouTube.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2) Perancangan Model CNN

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan arsitektur model menggunakan CNN dengan fokus pada arsitektur *ResNet-50*. Perancangan model ini meliputi:

- Penerapan *Transfer Learning*:** Menggunakan model *pre-trained* yang telah dilatih pada *database ImageNet* untuk memperkuat ekstraksi fitur visual.
- Implementasi Perangkat Lunak:** Model dibangun menggunakan *library* PyTorch dengan bahasa pemrograman Python.
- Optimasi *Hyperparameter*:** Melakukan eksperimen terhadap berbagai parameter seperti *optimizer* (Adam, AdamW, dan SGD), *learning rate*, dan jumlah *epoch* untuk menemukan konfigurasi paling optimal.

3) Evaluasi Model

Tahap evaluasi bertujuan untuk mengukur efektivitas dan tingkat keandalan model yang telah dirancang. Pengujian dilakukan menggunakan metrik evaluasi seperti *Accuracy*, *Precision*, dan *Recall*. Model diuji menggunakan *data test* untuk melihat sejauh mana kemampuannya dalam menggeneralisasi data baru. Kriteria keberhasilan pelatihan ditetapkan pada ambang batas akurasi uji di atas 90%.

4) Implementasi ke Sistem

Tahap akhir adalah mengintegrasikan model yang paling optimal ke dalam aplikasi perangkat lunak berbasis *Graphical User Interface* (GUI).

- Pembuatan Antarmuka: GUI dirancang menggunakan *library* PyQt5 dan alat bantu *Qt Designer* untuk memudahkan interaksi pengguna.
- Fitur Sistem: Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengunggah media gambar (format jpg, png, jpeg, bmp) serta video (format mp4, avi, mov, mkv) untuk diklasifikasi secara otomatis.
- Analisis Visual: Hasil klasifikasi akan ditampilkan dalam sebuah tabel yang isinya berupa persentase seberapa asli atau AI gambar atau video yang diunggah.

2.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka memberikan gambaran penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik pengembangan sistem pengenalan gambar AI atau bukan dengan menggunakan algoritma CNN. Berikut merupakan jurnal penelitian yang dijadikan tinjauan pustaka.

Penelitian pertama yang penulis kaji, memiliki kesamaan dengan penelitian dari aspek metode yang digunakan dan kajian utamanya yaitu klasifikasi gambar. Metode CNN dalam penelitian ini digunakan untuk mengklasifikasikan gambar-gambar pemandangan alam secara otomatis. *Dataset* gambar tersebut dikategorikan ke dalam lima kelas, yaitu gunung, hutan, jalan, laut, dan gletser. Hasil *train* model adalah 95% berdasarkan grafik yang ditunjukkan[4].

Penelitian kedua yang penulis kaji, memiliki kesamaan dengan penelitian dari aspek metode yang digunakan dan kajian utamanya yaitu klasifikasi gambar. CNN diimplementasikan untuk tugas klasifikasi citra motif batik Yogyakarta. Dalam penelitian ini, digunakan total 600 citra yang mencakup tiga motif berbeda, yakni Ceplok, Kawung, dan Parang. Metode CNN berhasil mencapai tingkat akurasi tertinggi sebesar 87,83%. Kinerja model ini juga didukung oleh nilai *precision* rata-rata 88,46% dan nilai *recall* rata-rata 87,66%[5].

Penelitian ketiga yang penulis kaji, memiliki kesamaan dengan penelitian dari aspek metode yang digunakan dan kajian utamanya yaitu klasifikasi gambar. Teknologi CNN dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan 400 citra batik tanah liat Sumatera Barat yang terbagi dalam 4 kategori. Dalam penelitian ini, pembagian data dilakukan dengan menetapkan 320 citra sebagai data latih dan 80 citra sisanya sebagai data uji. Evaluasi model menunjukkan nilai akurasi yang sangat tinggi pada tahap pelatihan, yakni 98,75%. Namun, terjadi penurunan akurasi yang signifikan pada tahap pengujian, yang hanya mencapai 62,5%[6].

Penelitian keempat yang penulis kaji, memiliki kesamaan dengan penelitian dari aspek metode yang digunakan dan arsitektur metode. Menggunakan metode CNN *ResNet-50* untuk mengidentifikasi varian tanaman anggur berdasarkan citra daun anggur. Data citra daun anggur yang digunakan berjumlah 150 dengan 3 varian anggur yang terdiri 50 daun Nizina, 50 daun Jupiter dan 50 daun Isabella. Data citra daun anggur diubah ukurannya dalam piksel, menghapus *background*, augmentasi data. Sistem menghasilkan tingkat akurasi *training* 86 % sedangkan akurasi validasi terbaik adalah 91%[7].

Penelitian kelima yang penulis kaji, memiliki kesamaan dengan penelitian dari aspek metode yang digunakan. Mengidentifikasi citra cuaca dengan memakai algoritma CNN. Cuaca itu mencakup *Cloudy*, *Rain*, *Sunrise*, atau *Shine*. Dalam penelitian ini, data citra dibagi menjadi 90 data latih dan 10 *data testing*. Proses pelatihan dijalankan dengan konfigurasi 150 *epoch*. Pengaturan ini menghasilkan akurasi tertinggi pada data latih sebesar 94,16%, namun akurasi pada *data testing* tercatat hanya 65,00%[8].

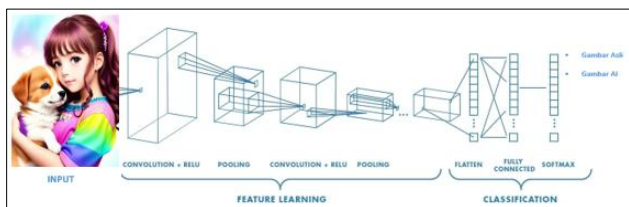
Penelitian terakhir yang penulis kaji, memiliki kesamaan dengan penelitian dari aspek metode yang digunakan dan arsitektur metode. Klasifikasi jenis kulit wajah menggunakan metode CNN dengan arsitektur *ResNet-50*. Menggunakan *dataset* gambar kulit wajah dengan 3 kelas yaitu normal, kering, dan berminyak. Hasil penelitian menunjukkan akurasi 0.9986, *loss* 0.0040, dan *F1-Score* yang tinggi. Namun, distribusi data yang tidak seimbang menyebabkan *overfitting*[9].

Penelitian kali ini akan berfokus pada mendeteksi gambar AI menggunakan CNN *ResNet-50*. Pendekatan yang digunakan adalah *end-to-end learning*, model secara otomatis mempelajari fitur-fitur yang paling relevan pada gambar, seperti tekstur, warna, dan bentuk tanpa proses ekstraksi manual.

2.3 Landasan Teori

1) Model Algoritma CNN

CNN (*Convolutional Neural Network*) merupakan sebuah metode klasifikasi citra yang memiliki keunggulan dalam mempelajari fitur-fitur esensial dari citra kompleks secara otomatis. Kinerja arsitektur CNN dalam melakukan pengenalan citra ditentukan oleh model yang diaplikasikan, yang secara garis besar terdiri dari dua tahapan utama: ekstraksi ciri (*feature extraction*) dan klasifikasi (*classification*)[5]. Pada Gambar 2 menunjukkan arsitektur CNN secara umum.



Gambar 2. Arsitektur CNN

CNN, singkatan dari *Convolutional Neural Network*, merupakan jenis Jaringan Saraf Tiruan (ANN) yang khusus dirancang untuk memproses data visual. CNN memiliki ciri khas yaitu penggunaan layer konvolusi yang mampu menangkap pola dan fitur penting dari gambar. Meskipun fokus utama CNN adalah layer konvolusi, CNN juga dapat menggabungkan jenis layer lain seperti *pooling* dan *fully connected layer* untuk membangun CNN yang lebih kompleks, yang dikenal sebagai *deep CNN*[10].

Arsitektur CNN secara fundamental terdiri dari dua tahapan utama yaitu, *feature learning* dan *classification layer*. Tahap *feature learning* berfungsi sebagai penerima dan pengolahan data masukan berupa gambar. Bagian ini tersusun atas kombinasi *convolutional layer* dan *pooling layer*. Proses yang terjadi pada lapisan-lapisan tersebut akan menghasilkan *feature maps*, yang esensinya adalah representasi numerik dari gambar. Kumpulan *feature maps* inilah yang kemudian diteruskan sebagai masukan bagi *classification layer* untuk diproses lebih lanjut[6].

Lapisan yang berisi *neuron* yang terkoneksi secara penuh (*fully connected*) dengan lapisan lain dan nantinya akan mendapat *input* dari *output layer* bagian *feature learning* yang akan diproses pada *flatten* dengan tambahan lapisan tersembunyi (*hidden*) pada *fully connected* hingga menghasilkan *output* berupa akurasi klasifikasi dari setiap kelas itulah *classification layer*[6]. Bagian dari lapisan arsitektur CNN dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Lapisan Arsitektur CNN

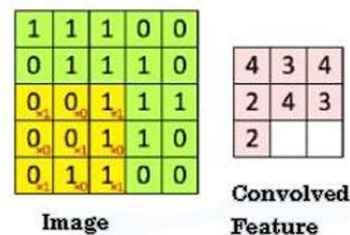
Feature Learning	a.	Input Layer
	b.	Convolution Layer
	c.	Activation Layer
	d.	Pooling Layer
Classification	e.	Fully Connected Layer
	f.	Output layer

a) Input Layer

Lapisan ini berfungsi sebagai penerima nilai-nilai piksel dari citra yang dijadikan masukan. Citra masukan tersebut terdiri dari tiga kanal warna, yakni *Red*, *Green*, *Blue* (RGB).

b) Convolution Layer

Convolutional layer terdiri dari *neuron-neuron* yang diorganisasi sedemikian rupa hingga membentuk sebuah filter dengan dimensi panjang dan tinggi (piksel) tertentu. Proses konvolusi itu sendiri adalah operasi matematis yang mengombinasikan dua matriks berbeda untuk menghasilkan sebuah matriks baru. Dalam konteks pengolahan citra, proses ini berarti mengaplikasikan sebuah *kernel* (yang esensinya adalah filter tersebut) pada sebuah citra. Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3, *kernel* (kotak kuning) digeser melintasi citra pada semua *offset* yang memungkinkan[6].



Gambar 3. Gambaran Operasi Konvolusi

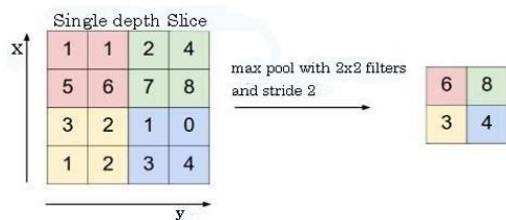
Kotak hijau pada Gambar 3 adalah representasi citra masukan yang akan diproses. Proses ekstraksi fitur dilakukan dengan menggeser *kernel* secara sistematis, yakni dari sudut kiri atas gambar menuju ke kanan bawah. Gambar di sebelah kanan (hasil konvolusi) menunjukkan *feature map* yang dihasilkan dari operasi tersebut.

c) Activation Layer

Pada lapisan ini, setiap nilai (*value*) di dalam *feature map* akan dimodifikasi dengan menerapkan fungsi aktivasi. Fungsi yang digunakan dalam konteks ini adalah ReLU (*Rectified Linear Unit*). Pada dasarnya, ReLU bekerja dengan menerapkan pembatasan nilai (*threshold*) dari 0 hingga tak terhingga. Secara praktis, ini berarti setiap nilai negatif dalam *feature map* akan diubah menjadi 0, sementara semua nilai positif akan dipertahankan apa adanya. Fungsi ini telah menjadi salah-satu fungsi aktivasi yang paling populer digunakan saat ini[6].

d) Pooling Layer

Proses *pooling* diaplikasikan pada setiap *feature map* untuk mengurangi ukurannya, yang secara efektif menurunkan resolusi spasial. Metode yang lazim digunakan adalah filter 2x2 dengan *stride* 2, yang beroperasi pada setiap irisan masukan secara terpisah[6]. Berikut ini Gambar 4 merupakan contoh gambar operasi *max-pooling*:

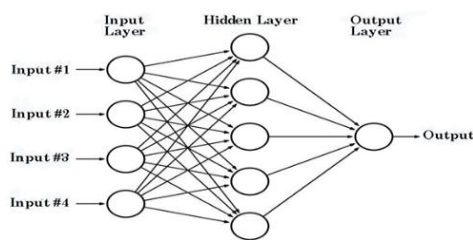


Gambar 4. Max-pooling

Kotak warna-warni yang di sebelah kiri menunjukkan masing-masing kelompok berdasarkan warna. Lalu kelompok tersebut diambil nilai maksimumnya. Sehingga hasilnya bisa dilihat pada kumpulan kotak yang di sebelah kanan.

e) Fully Connected Layer

Lapisan *Fully-Connected* (FC) atau *dense layer* mengadopsi struktur yang identik dengan lapisan pada Jaringan Saraf Tiruan (JST) standar. Maksudnya, setiap *neuron* pada lapisan ini akan menerima masukan dari semua *neuron* (atau keluaran) yang berasal dari lapisan sebelumnya[6]. Gambar 5 merupakan ilustrasi dari *fully connected layer*.



Gambar 5. Fully Connected Layer

f) Output Layer

Pada tahap akhir, yakni klasifikasi, keluaran dari lapisan sebelumnya akan diproses menggunakan fungsi aktivasi *softmax*. Fungsi tersebut akan menghitung skor probabilitas untuk setiap kelas target. Berdasarkan skor probabilitas ini, masukan akan dikategorikan ke dalam salah satu dari dua label: "Gambar AI" atau "Gambar Asli".

Keunggulan CNN dalam mengekstraksi fitur-fitur data secara efektif bersumber dari pemanfaatan lapisan konvolusi. Kemampuan fundamental inilah yang menjadikannya sebuah metodologi yang sangat andal untuk tugas-tugas seperti pengenalan pola pada citra[11].

2) Artificial Intelligence (AI)

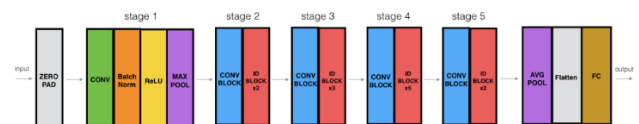
Artificial Intelligence (AI) dapat didefinisikan sebagai teknologi dalam sistem komputer yang dirancang untuk menjalankan tugas-tugas yang menyerupai kapabilitas intelektual manusia. Ciri khas utama dari AI adalah kemampuannya untuk beroperasi secara otomatis dan beradaptasi melalui proses belajar. Sistem AI menganalisis data yang diterima untuk memahami dan mengatasi berbagai masalah. Proses pembelajaran ini memungkinkannya membangun "pengetahuan", sehingga

kapabilitas program AI bersifat dinamis dan akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah data yang diolah[12].

Jenis-jenis Kecerdasan Buatan:

- 1) Kecerdasan Buatan Lemah (*Weak AI*) – Sistem yang dirancang untuk meniru perilaku cerdas tanpa benar-benar memiliki pemahaman atau kesadaran seperti manusia.
- 2) Kecerdasan Buatan Kuat (*Strong AI*) – Sistem yang mampu berpikir dan beroperasi layaknya manusia, dengan kemampuan memahami, bernalar, serta mengambil keputusan secara mandiri.
- 3) *ResNet-50*

ResNet-50 adalah model kecerdasan buatan canggih yang dirancang untuk mengklasifikasikan gambar. Model ini memiliki 50 lapis yang telah dilatih pada lebih dari 1 juta gambar dari *database ImageNet*, membuatnya sangat ahli dalam mengenali berbagai objek dan kategori[9]. Berikut merupakan arsitektur *ResNet-50* dapat dilihat pada Gambar 6[13].

Gambar 6. Arsitektur *ResNet-50*

ResNet menawarkan koneksi instan identitas yang melewati banyak lapisan dan menggunakan fungsi aktivasi dari lapisan sebelumnya. Gagasan seperti itu memungkinkan kita merancang DNN buatan dengan banyak lapisan dan tidak khawatir tentang masalah *gradient* yang hilang. Untuk itu, arsitektur modular dikembangkan yang menumpuk *blok residu* dengan pemetaan identitas[7]. Persamaan 4 dihitung di *blok* yang tersisa:

$$x_l + 1 = x_l + (x_l \cdot W_l)$$

x_l adalah masukan dan keluaran dari *blok* sisa ke- l . W_l adalah himpunan bobot, dan $F(x_l \cdot W_l)$ adalah fungsi sisa. Persamaan 5 dapat diterapkan dengan "koneksi langsung" dengan pemetaan identitas dan melewatkan satu atau lebih lapisan[7]. Masalah ini diulang untuk setiap *blok* L yang tersisa untuk mendapatkan:

$$x_L = x_l + \sum_{i=1}^{L-l} (x_i \cdot W_i)$$

Dari *gradien* fungsi *loss*, lapisan *gradient* tidak hilang jika bobotnya sangat kecil. Namun oleh karena itu, masih belum ada informasi tentang letak bagian-bagian objek tersebut[7].

4) Deep Learning

Deep Learning sebuah sub-bidang dari Kecerdasan Buatan, telah membawa perubahan transformatif pada ranah pengenalan citra digital. Metodologi ini didasarkan pada

inspirasi dari cara kerja otak manusia[14]. Dengan memanfaatkan arsitektur Jaringan Saraf Tiruan yang berlapis-lapis dan kompleks, *Deep Learning* memberikan kapabilitas pada komputer untuk belajar secara langsung dari data mentah, seperti gambar. Arsitektur inilah yang memungkinkan komputer untuk "melihat" dan menginterpretasi dunia visual layaknya manusia, memberinya kemampuan untuk mengenali objek serta mendeteksi benda-benda di sekitarnya[15].

5) *Transfer Learning*

Transfer learning adalah sebuah teknik dalam *machine learning* ketika sebuah model yang telah dikembangkan untuk suatu tugas, digunakan kembali sebagai titik awal untuk model pada tugas kedua yang berbeda namun terkait [16].

Dalam klasifikasi citra dengan CNN, *transfer learning* biasanya melibatkan penggunaan model pra-latih (*pretrained model*). Model ini, seperti *ResNet-50*, telah dilatih pada *dataset* yang sangat besar (contohnya *ImageNet*) dan mampu mengidentifikasi jutaan gambar dari seribu kategori. Oleh karena itu, mereka memiliki kemampuan ekstraksi fitur visual yang sangat kuat.

Proses penerapan *transfer learning* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menggunakan *Backbone Pretrained* : Arsitektur *ResNet-50* yang sudah dilatih di *ImageNet* digunakan sebagai pengekstraksi fitur utama. Lapisan awal hingga menengah pada model ini sangat baik dalam mengenali fitur-fitur universal seperti tepi, tekstur, dan bentuk.
- Mengganti Lapisan Klasifikasi : Lapisan terakhir atau *fully connected layer* dari model *ResNet-50* dibuang dan diganti dengan lapisan klasifikasi baru yang disesuaikan dengan jumlah kelas pada penelitian ini, yaitu 2 kelas gambar, gambar asli dan gambar AI.
- Fine-Tuning* (Pelatihan Ulang) : Model dengan lapisan *fully connected layer* baru tersebut kemudian dilatih kembali (*fine-tuned*) menggunakan *dataset* gambar yang sudah disiapkan. Proses ini memungkinkan model untuk menyesuaikan bobotnya agar dapat mengenali fitur-fitur yang spesifik dari gambar AI.

Keuntungan dari menggunakan *Transfer Learning* adalah membuat proses pelatihan lebih cepat dan meningkatkan hasil akurasi pelatihan.

6) GUI (*Graphical User Interface*)

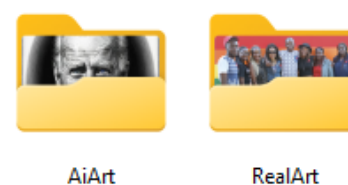
GUI (*Graphical User Interface*) adalah antarmuka pengguna yang menggunakan elemen visual seperti *window*, tombol, menu, dan dialog untuk memfasilitasi interaksi antara pengguna dan perangkat lunak atau sistem komputer. Melalui GUI, seorang pengguna dapat mengoperasikan sebuah perangkat lunak. Pengguna

memberikan perintah menggunakan perangkat keras *input*, misalnya *mouse* dan *keyboard*, dan kemudian menerima umpan balik dari sistem dalam bentuk tampilan visual atau grafis[8].

Pada penelitian ini, pembuatan GUI dibantu dengan *library* Python yaitu PyQt5. Karena dengan menggunakan *library* tersebut akan sangat memudahkan dalam membuat GUI. PyQt5 memiliki aplikasi *designer* yaitu *Qt designer*, hal itulah yang membantu memudahkan dalam mendesain GUI.

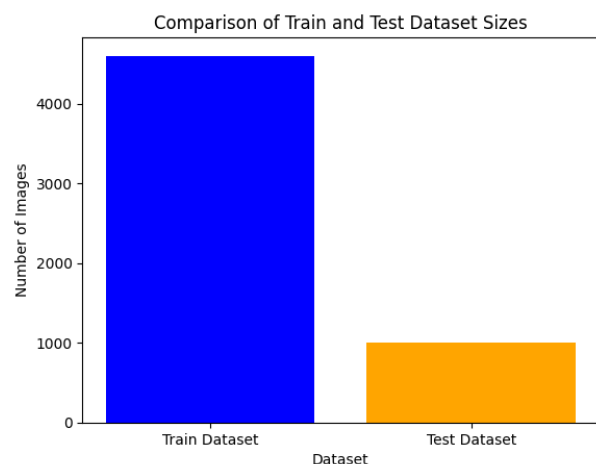
2.4 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sebuah *dataset* yang tersedia di platform Kaggle, yang dikenal sebagai tempat penyedia berbagai *dataset* untuk keperluan analisis data. *Dataset* tersebut berisi gambar-gambar buatan AI dan asli, yang sudah dibagi menjadi dua folder. Nama foldernya akan disesuaikan dengan isi gambar. Jadi, memungkinkan *dataset* digunakan untuk pelatihan dan pengujian model klasifikasi dengan algoritma CNN. Pada Gambar 7 menunjukkan gambar folder *dataset* yang sudah dipisah berdasarkan isi gambar.



Gambar 7. Folder *Dataset*

Jumlah gambar di *dataset training data* adalah 4.600, sedangkan jumlah gambar di *dataset test data* adalah 1000. Untuk pembagian dari gambar AI dan gambar asli dibuat sama jumlahnya di setiap *dataset*. Jumlah gambar di *dataset training data* dibuat lebih banyak agar model belajar dengan baik. Berikut perbandingan *training data* dengan *test data* pada Gambar 8:

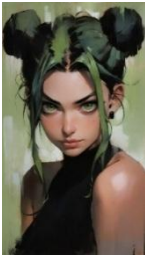
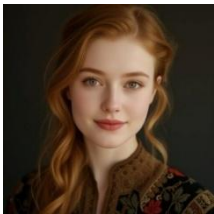
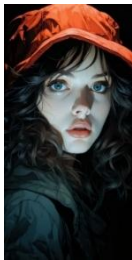


Gambar 8. Perbandingan *Train* dan *Test Dataset*

Selain gambar yang ada di *dataset train* dan *test*, penulis sudah mengumpulkan 10 gambar yang ada pada *website*

Pinterest yang nantinya digunakan untuk menguji kinerja aplikasi. Gambar-gambar uji coba bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Gambar Uji Coba Aplikasi

Kelas	Gambar
AI	
	
AI	
	
AI	
	
Asli	

Kelas	Gambar
Asli	
Asli	
Asli	
Asli	

Selain gambar yang ada di dataset train dan test, penulis sudah mengumpulkan 10 gambar yang ada pada website Pinterest yang nantinya digunakan untuk menguji kinerja aplikasi. Seberapa baik aplikasi yang dibuat ketika menguji gambar yang bukan dari dataset. Dari 10 gambar tersebut, terbagi menjadi 5 gambar AI dan 5 gambar asli. Gambar-gambar uji coba bisa dilihat pada Tabel 2. Penulis juga sudah mengumpulkan 5 video AI yang ada di platform YouTube untuk diuji coba pada sistem yang telah dibuat. Untuk memverifikasi video yang diuji itu AI, sang pemilik video sudah mencantumkan di judul video, di deskripsi, atau di kanalnya langsung. Video-video uji coba bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Video Uji Coba Aplikasi

Video AI	Judul Video
	miaw miaw miaw song sad (lyrics video visual)

Video AI	Judul Video
	AI interviews the people onboard the Titanic
	Google's new AI video tool Veo 3 is WILD!
	We interviewed SKYRIM characters! (PART 2)
	Will Smith Eating a spaghetti in 2025 4K

2.3 Arsitektur Model

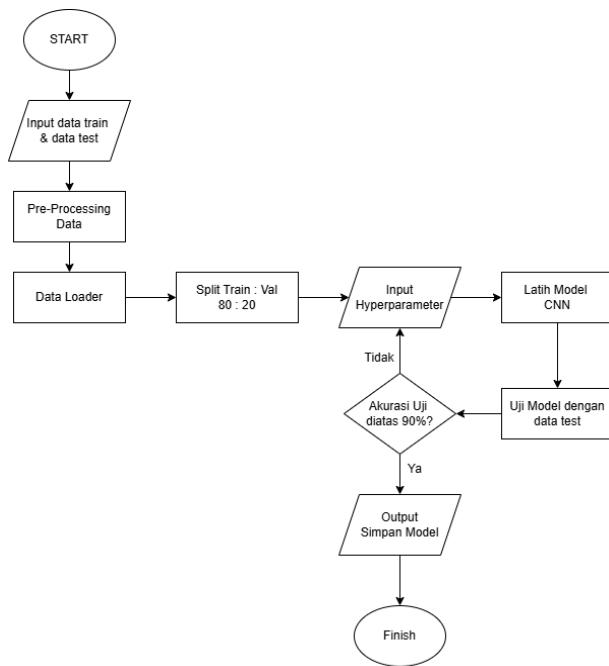
Model penelitian ini menggunakan arsitektur *ResNet-50* yang diimplementasikan dengan PyTorch. Arsitektur ini digunakan karena dapat menghasilkan akurasi yang tinggi. Berikut merupakan alur arsitekturnya:

- Input Layer:** Menerima gambar *dataset* yang sudah diubah ukuran menjadi 224×224 , sudah diaugmentasi, dan sudah dinormalisasi sesuai dengan *ImageNet* normalisasi.
- Backbone (ResNet-50):** Merupakan bagian utama, menggunakan model *pretrained* dari *ImageNet* untuk menerapkan *transfer learning*. Bagian ini akan secara otomatis mengekstrak fitur-fitur visual dari gambar melalui *blok* konvolusi.
- Classifier Head:** Fitur gambar yang sudah diekstrak akan diproses oleh *Global Average Pooling* untuk mereduksi dimensi, diikuti oleh sebuah *Fully Connected Layer*.
- Output Layer:** Sebuah lapisan *Dense* terakhir dengan aktivasi *Softmax* menghasilkan *output* berupa probabilitas untuk 2 kelas, yaitu gambar AI dan gambar asli.

2.4 Alur Pelatihan Model

Alur proses pelatihan model deteksi gambar AI dan gambar asli menggunakan algoritma CNN. Berikut Gambar 9 merupakan *flowchart* serta penjelasan setiap langkah dalam *flowchart*:

- Start**
Proses dimulai dengan pengumpulan data.
- Input Data Train & Data Test**
Memasukkan *dataset* kedalam program.
- Pre-processing Data**
Data citra yang telah dikumpulkan akan diproses, seperti *resize* gambar, konversi citra ke Tensor, normalisasi sesuai *ImageNet*, dan augmentasi *flip horizontal*.
- Data Loader**
Setelah dilakukan *preprocessing*, data akan di masukkan ke dalam model secara *batch* yang dapat diatur.
- Pembagian Data Validasi**
Data validasi itu diambil dari *data train*. Jadi *data train* nanti dibagi 20% untuk Data Validasi.
- Menentukan Hyperparameter**
Hyperparameter CNN (misalnya *learning rate*, *optimizer*, *epoch*, *dll*) ditentukan untuk mendapatkan hasil klasifikasi terbaik.
- Melatih Model CNN**
Model CNN dilatih menggunakan *data train*.
- Uji Model**
Model di uji menggunakan *data Test* dan dihitung akurasi uji.
 - Apakah Akurasi Uji di atas 90%?
 - Jika akurasi model lebih dari 90%, model dianggap optimal.
 - Jika akurasi kurang dari 90%, maka dilakukan penyesuaian *hyperparameter* dan model dilatih ulang.
 - Mengubah *Hyperparameter*
Jika akurasi belum mencapai target, dilakukan perubahan *hyperparameter* dan model kembali dilatih.
 - Simpan Model Optimal
Model yang telah mencapai akurasi optimal akan disimpan untuk digunakan dalam sistem aplikasi pengenalan gambar AI atau bukan.
 - Finish**
Proses selesai, model siap digunakan untuk sistem aplikasi pengenalan gambar AI atau bukan.



Gambar 9. Flowchart Pelatihan Model

2.5 Penilaian Performa Model

Penilaian performa model CNN dilakukan dengan cara evaluasi menggunakan berbagai metrik untuk mengukur efektivitas model. Metrik yang digunakan adalah *Confusion Matrix*. *Confusion matrix* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur parameter klasifikasi dengan mencari akurasi, *loss* dan presisi[9]. Berikut 4 istilah setiap parameter seperti pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Confusion Matrix

Prediksi		
Aktual	True	False
True	TP	FP
False	FN	TN

Keterangan :

- True Positif* (TP) : Data positif yang diprediksi dengan benar.
- True Negatif* (TN) : Data negatif yang diprediksi dengan benar.
- False Positif* (FP) : Data negatif yang diprediksi sebagai data positif.
- False Negatif* (FN) : Data positif yang diprediksi sebagai data negatif.

Dari *confusion matrix*, bisa mendapatkan metrik performa, seperti akurasi, *precision*, dan *recall*, yang penting untuk proses evaluasi efektivitas model klasifikasi gambar AI:

- Akurasi : Nilai hasil yang benar pada sebuah sistem untuk mengenali *input data* agar *output* yang

dihasilkan oleh sistem dapat dievaluasi. Berikut persamaan Akurasi.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

- Precision* : Tingkat ketepatan sistem dalam memberikan informasi agar sesuai dengan informasi yang diminta. Berikut persamaan *Precision*.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

- Recall* : Tingkat pengukuran sistem menemukan info yang sesuai. Berikut persamaan *recall*.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Eksperimen

Pada bagian ini akan dilakukan eksperimen terhadap beberapa parameter, untuk menguji parameter mana yang nantinya memiliki akurasi uji tertinggi. Model dengan akurasi tertinggi akan disimpan lalu dijadikan model utama untuk GUI. Parameter diubah secara manual oleh penulis dan parameter yang diubah itu di antara lain *optimizer*, *epoch*, dan *learning rate*. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Tabel 5 Evaluasi Eksperimen Model.

Tabel 5. Evaluasi Eksperimen Model

Optimizer	Epoch	Learning rate	Akurasi Uji
Adam	5	0,001	79,88%
Adam	15	0,001	88,89%
AdamW	10	0,002	76,98%
SGD	8	0,002	90,29%
SGD	15	0,002	97,30%

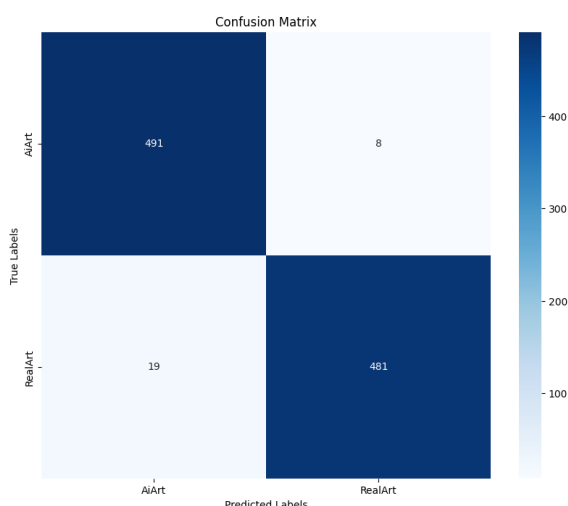
Dari tabel tersebut didapatkan hasil akurasi tertinggi adalah dengan menggunakan parameter *optimizer* SGD, *epoch* 15, dan *learning rate* 0,002 dengan akurasi mencapai 97,30%. Karena memiliki akurasi tertinggi maka model inilah yang akan disimpan lalu digunakan pada aplikasi. Pada Tabel 6 menunjukkan detail hasil eksperimen pada *epoch* terakhir dari setiap eksperimen, mulai dari akurasi latih, akurasi validasi, hasil *precision*, dan hasil *recall* dengan data uji. Urutannya sama dengan urutan pada Tabel 5.

Tabel 6. Detail Hasil Eksperimen

Eksperimen	Akurasi		Precision		Recall	
	Latih	Validasi	AI	Asli	AI	Asli
Adam	87,90%	87,72%	0,75	0,88	0,91	0,69
Adam	93,64%	86,63%	0,84	0,96	0,96	0,81
AdamW	86,76%	86,96%	0,70	0,91	0,94	0,60
SGD	95,19%	91,41%	0,85	0,97	0,98	0,83
SGD	98,59%	93,37%	0,96	0,98	0,98	0,96

Perbedaan tipis antara nilai akurasi latih dengan akurasi validasi pada model terbaik yang terpilih menunjukkan bahwa model telah belajar dengan baik dari *data train* dan mampu menggeneralisasi pengetahuannya pada data validasi yang belum pernah model lihat.

Untuk menganalisis kesalahan klasifikasi secara lebih visual, *confusion matrix* dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Matriks tersebut memetakan perbandingan antara label prediksi dari model dengan label yang sesungguhnya pada model terbaik.

Gambar 10. *Confusion Matrix Model Terbaik*

Dari Gambar 10 dapat diamati bahwa, diagonal utama (491, 481) menunjukkan jumlah prediksi yang benar untuk setiap kelas. Angka-angka tersebut menunjukkan betapa baiknya performa model tersebut. Meskipun tetap ada gambar yang salah untuk diklasifikasi, terdapat 19 gambar asli yang diprediksi sebagai gambar AI dan terdapat 8 gambar AI yang diprediksi sebagai gambar asli.

3.2 GUI Deteksi Gambar AI

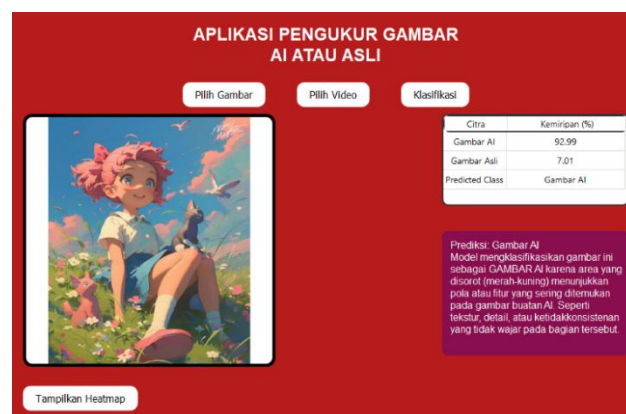
Berikut Gambar 11 ini adalah tampilan awal dari GUI klasifikasi gambar dan penjelasan setiap tombol pada aplikasi secara singkat.



Gambar 11. Tampilan Awal GUI

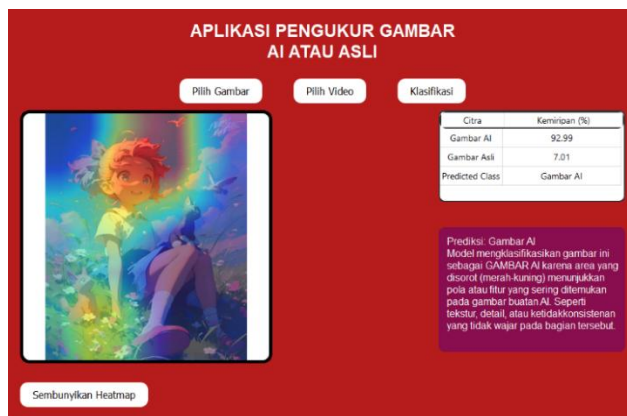
Di tampilan awal ini, pada bagian atas GUI terdapat tiga tombol utama dengan fungsi yang berbeda-beda. Tombol “Pilih Gambar” berfungsi untuk memilih gambar pada folder *device* yang mau diklasifikasi oleh aplikasi. Format gambar yang diunggah itu bisa ‘jpg’, ‘png’, ‘jpeg’ dan ‘bmp’. Tombol “Pilih Video” akan membuka *window* baru yang mencakup tombol yang diperlukan untuk mendeteksi video buatan AI.

Sedangkan tombol “Klasifikasi” seperti yang sudah tertulis pada tombolnya, tombol ini berfungsi untuk menjalankan proses klasifikasi pada gambar yang sudah diunggah. Hasil klasifikasinya akan muncul di bagian kanan gambar yang akan menampilkan akurasi prediksi pada gambar dalam bentuk tabel sekaligus memunculkan penjelasan singkat berdasarkan prediksi model. Hal itu bisa dilihat pada Gambar 12 Tampilan Hasil Klasifikasi.



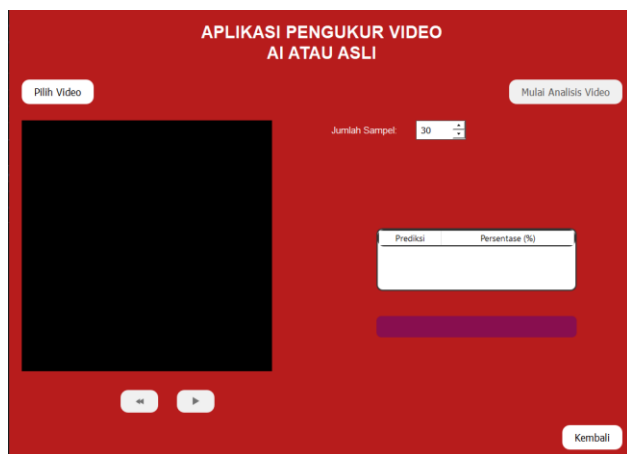
Gambar 12. Tampilan Hasil Klasifikasi

Di bawah *frame* tampilan gambar terdapat tombol “Tampilkan *Heatmap*” yang berfungsi untuk menunjukkan area mana yang paling mempengaruhi hasil klasifikasi sistem. Warna merah yang lebih intens pada *heatmap* menandakan area dengan kontribusi paling signifikan, yang menjadi dasar utama sistem dalam menentukan hasil klasifikasi. Untuk membuat hal tersebut saya menggunakan Grad-CAM (*Gradient-weighted Class Activation Mapping*) teknik yang memang sering digunakan untuk hal tersebut. Hasil *heatmap* bisa dilihat pada Gambar 13.

Gambar 13. Tampilan *Heatmap* Gambar Klasifikasi

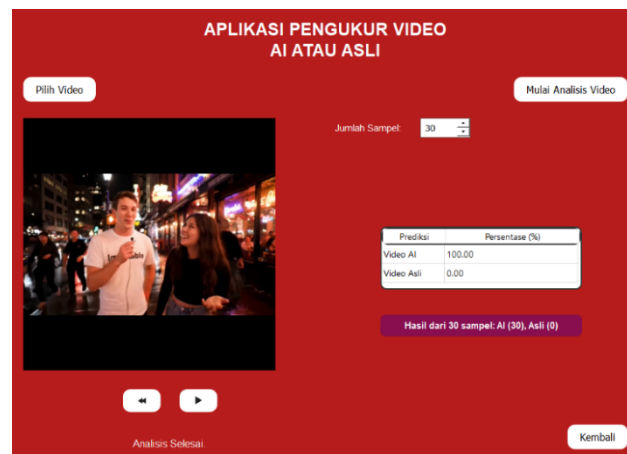
3.3 GUI Deteksi Video AI

Berikut Gambar 14 ini adalah tampilan *window* dari GUI deteksi video AI dan penjelasan setiap tombol pada aplikasi secara singkat.



Gambar 14. Tampilan GUI Klasifikasi Video

Pada tampilan di atas GUI terdapat 2 tombol utama dengan fungsi yang berbeda-beda. Tombol “Pilih Video” berfungsi untuk memilih video pada folder *device* yang mau diklasifikasi oleh aplikasi. Format video yang diunggah itu bisa berupa ‘mp4’, ‘avi’, ‘mov’, dan ‘mkv’. Setelah video diunggah, video dapat diputar dengan menekan tombol ‘play’ yang ada di bawah *frame* video. Mekanisme deteksi video pada aplikasi ini adalah video yang diunggah akan diambil *sample-sample* gambarnya. Jadi masih bisa dibilang deteksi gambar juga. Sebelum memulai proses analisis, pengguna dapat memilih seberapa banyak *sample* gambar yang ingin diambil. Setelah menentukan hal tersebut, pengguna tinggal menekan tombol “Mulai Analisis Video” untuk memulai proses analisis.



Gambar 15. Tampilan Hasil Klasifikasi Video

Bisa dilihat pada Gambar 15, *sample* gambar akan dideteksi lalu akan dihitung probabilitasnya. Hasil probabilitas akan dimunculkan pada tabel di sebelah kanan dan di bawahnya terdapat jumlah gambar *sample* yang diklasifikasi AI dan berapa *sample* gambar yang dikira asli. Untuk kembali ke *window* GUI deteksi gambar, pengguna bisa menekan tombol “Kembali” di pojok kanan bawah.

3.4 Hasil Uji Coba Aplikasi

Pertama, sistem aplikasi yang sudah dibuat akan diuji dengan gambar yang sudah dikumpulkan melalui *website* Pinterest, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 memasukkan semua gambar tersebut satu-satu ke dalam sistem aplikasi, untuk melihat hasil perhitungan model yang digunakan pada aplikasi. Untuk urutan gambar yang dimasukkan itu sama dengan urutan pada Tabel 2 hasil perhitungannya bisa dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Evaluasi Aplikasi Deteksi Gambar

Kelas Asli	Kemiripan (%)		Prediksi
	AI	Asli	
AI	92,99	7,01	AI
AI	99,70	0,30	AI
AI	62,68	37,32	AI
AI	92,43	7,57	AI
AI	99,70	0,30	AI
Asli	15,65	84,35	Asli
Asli	2,87	97,13	Asli
Asli	67,84	32,16	AI
Asli	10,14	89,84	Asli
Asli	34,32	65,68	Asli

Berdasarkan Tabel 6 performa sistem aplikasi pengukur gambar AI atau asli sudah sangat baik dalam mengenali gambar yang bukan dari *dataset*. Akurasi yang didapat itu

mencapai 90%. Memang masih ada gambar yang salah dikenali, tetapi nilai perbandingannya itu tidak terlalu mutlak ke satu sisi. Karena hal itu, menurut penulis sistem tetap layak disebut “BERHASIL” dalam mengenali gambar AI atau gambar asli.

Kedua, sistem aplikasi juga akan diuji dengan video yang sudah dikumpulkan melalui platform YouTube. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 memasukkan semua video tersebut satu-satu ke dalam sistem aplikasi, untuk melihat hasil perhitungan model yang digunakan pada aplikasi. Untuk urutan video yang dimasukkan itu sama dengan urutan pada Tabel 3 hasil perhitungannya bisa dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Evaluasi Aplikasi Deteksi Video

Judul Video AI	Jumlah Sampel	Persentase (%)		Prediksi
		AI	Asli	
<i>miaw miaw miaw song sad (lyrics video visual)</i>	30	100	0	AI
<i>AI interviews the people onboard the Titanic</i>	30	93,33	6,67	AI
<i>Google's new AI video tool Veo 3 is WILD!</i>	25	100	0	AI
<i>We interviewed SKYRIM characters! (PART 2)</i>	30	60	40	AI
<i>Will Smith Eating a spaghetti in 2025 4K</i>	25	88	12	AI

Berdasarkan Tabel 8 performa sistem aplikasi identifikasi video AI sudah sangat baik dalam mengenali gambar-gambar *sample* yang didapat dari video. Akurasi yang didapat itu mencapai 100%. Dengan hasil nilai seperti itu, menurut penulis sistem layak disebut “BERHASIL” dalam mengenali video buatan AI.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuat suatu sistem yang dapat mengenali media buatan AI menggunakan algoritma CNN dan membuat sistem aplikasi yang interaktif untuk mendeteksi media buatan AI. Berdasarkan hasil eksperimen, model yang dikembangkan menunjukkan tingkat akurasi tertinggi sebesar 97,30% menggunakan parameter *optimizer* SGD, *epoch* 15, dan *learning rate* 0.002. Untuk hasil performa akurasi sistem aplikasi untuk mengukur gambar AI atau asli mencapai 90%. Sedangkan hasil performa akurasi aplikasi untuk mengidentifikasi video AI mencapai 100%.

Aplikasi berbasis GUI juga telah dikembangkan menggunakan PyQt5 di Python. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengunggah media buatan AI dan mendapatkan hasil klasifikasi beserta persentase kemiripan media tersebut dengan media buatan AI atau

media asli. Sistem ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem AI yang lebih akurat dan efisien.

Meskipun performanya cukup baik masih ada ruang untuk dikembangkan. Seperti menggunakan sepenuhnya *dataset* yang dikumpulkan secara manual bukan dari *dataset* Kaggle yang merupakan *dataset skunder*. Untuk pengawasan dan penyesuaian gambar yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Qin, W. Pan, X. Xiang, Y. Tan, and G. Hou, “A biological image classification method based on improved CNN,” *Ecol. Inform.*, vol. 58, p. 101093, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.ecoinf.2020.101093.
- [2] R. Xin, J. Zhang, and Y. Shao, “Complex network classification with convolutional neural network,” *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 25, no. 4, pp. 447–457, Aug. 2020, doi: 10.26599/TST.2019.9010055.
- [3] S. Adventino Gulo, A. Amelia Pertiwi, S. Putri Syaifullah Nasution, and H. Syahputra, “DETEKSI DEEFAKE DALAM CITRA MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN),” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 5, pp. 8655–8660, Jul. 2025, doi: 10.36040/jati.v9i5.14896.
- [4] M. H. V. Sinaga, M. Albirra, and M. F. Sidiq, “Klasifikasi Gambar Pemandangan dengan Kecerdasan Buatan Berbasis CNN,” *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 8, no. 2, pp. 412–417, Apr. 2024, doi: 10.35870/jtik.v8i2.1424.
- [5] A. Prayoga, Maimunah, P. Sukmasetya, Muhammad Resa Arif Yudianto, and Rofi Abul Hasani, “Arsitektur Convolutional Neural Network untuk Model Klasifikasi Citra Batik Yogyakarta,” *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 82–89, Nov. 2023, doi: 10.52158/jacost.v4i2.486.
- [6] K. Azmi, S. Defit, and S. Sumijan, “Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat,” *J. UNITEK*, vol. 16, no. 1, pp. 28–40, Jun. 2023, doi: 10.52072/unitek.v16i1.504.
- [7] M. A. N. Hidayat, Kusriani, and Hanafi, “Convolutional Neural Network Pada Identifikasi Varian Tanaman Anggur Menggunakan Resnet-50,” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 10, no. 3, pp. 61–70, 2023, doi: https://doi.org/10.35957/jatisi.v10i3.4789.
- [8] T. Rhyosvaldo, Aurellio and P. Ricky, Eka, “Penerapan Metode Deep Learning Menggunakan Algoritma CNN Dengan Arsitektur VGG Net Untuk Pengenalan Cuaca,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 05, no. 01, pp. 48–57, Jul. 2023, doi: 10.26740/JINACS.V5N01.P48-57.
- [9] Dian Anisa Agustina, “Klasifikasi Citra Jenis Kulit Wajah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn) Resnet-50,” *J. Ris. Sist. Inf.*, vol. 1,

- no. 3, pp. 01–07, Jul. 2024, doi: 10.69714/13sbby24.
- [10] U. Ungkawa and G. AL Hakim, “Klasifikasi Warna pada Kematangan Buah Kopi Kuning menggunakan Metode CNN Inception V3,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 3, p. 731, Jul. 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i3.731.
- [11] M. M. Taye, “Theoretical Understanding of Convolutional Neural Network: Concepts, Architectures, Applications, Future Directions,” *Computation*, vol. 11, no. 3, p. 52, Mar. 2023, doi: 10.3390/computation11030052.
- [12] M. R. Efrian and U. Latifa, “IMAGE RECOGNITION BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT KULIT PADA MANUSIA,” *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 11, no. 2, p. 276, Jul. 2022, doi: 10.30591/polektro.v12i1.3874.
- [13] T. Berliani, E. Rahardja, and L. Septiana, “Perbandingan Kemampuan Klasifikasi Citra X-ray Paru-paru menggunakan Transfer Learning ResNet-50 dan VGG-16,” *J. Med. Heal.*, vol. 5, no. 2, pp. 123–135, Aug. 2023, doi: 10.28932/jmh.v5i2.6116.
- [14] A. Raup, W. Ridwan, Y. Khoeriyah, Q. Yulianti Zaqiah, and U. Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, “Deep Learning dan Penerapannya dalam Pembelajaran,” *JIIP - J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 5, no. 9, pp. 3258–3267, Sep. 2022, doi: 10.54371/JIIP.V5I9.805.
- [15] F. Rizki, M. P. Kharisma Putra, M. A. Assuja, and F. Ariany, “Implementasi Deep Learning Lenet Dengan Augmentasi Data Pada Identifikasi Anggrek,” *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 4, no. 3, pp. 357–366, Sep. 2023, doi: 10.33365/jatika.v4i3.3652.
- [16] A. Hosna, E. Merry, J. Gyalmo, Z. Alom, Z. Aung, and M. A. Azim, “Transfer learning: a friendly introduction,” *J. Big Data*, vol. 9, no. 1, p. 102, Oct. 2022, doi: 10.1186/s40537-022-00652-w.



AUDIT KREDIT DIGITAL BERBASIS *EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE* (XAI): TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS

Muhammad Arief Sutisna¹, Imam Riadi², Abdul Fadlil³

¹Teknik Informatika, Universitas Saintek Muhammadiyah, Jakarta

²Sistem Informasi, Universitas Ahmad Dahlan

³Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan

m_arief_sutisna@saintekmu.ac.id, imam.riadi@is.uad.ac.id, fadlil@mti.uad.ac.id

Abstract

Digital transformation in the financial sector encourages the application of Artificial Intelligence (AI) in the credit audit process. While AI is capable of improving the speed and accuracy of risk assessments, modern models such as deep learning are black box, raising issues of transparency and accountability—two things that are critical in credit audits that must comply with regulations and build stakeholder trust. This study uses the Systematic Literature Review (SLR) approach to synthesize the scientific literature that discusses the application of Explainable Artificial Intelligence (XAI) in digital credit audits. The SLR process includes: Query formulation (e.g. "explainable AI", "credit audit", "interpretability model"), Screening of studies based on relevance, methodological quality, and year range of publication, Extraction of key data (XAI method, dataset type, prediction model, tools used, and key findings), and Comparative synthesis analysis. Based on the Systematic Literature Review, it was found that the main XAI methods are SHAP and LIME, the most commonly used prediction models are Random Forest and XGBoost and several repeated weaknesses were found, including limitations in the representativeness of the dataset, the risk of overfitting, and the trade-off between the level of accuracy and the level of interpretability. Thus, the proper integration of XAI is expected to increase transparency, fairness, and trust in AI-based digital credit audits, while paving the way for more ethical audit practices and in line with regulatory demands.

Keywords: Credit Audit, Explainable Artificial Intelligence, Systematic Literature Review, SHAP, LIME.

Abstrak

Transformasi digital pada sektor keuangan mendorong penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dalam proses audit kredit. Meskipun AI mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi penilaian risiko, model-model modern seperti *deep learning* bersifat *black-box* sehingga menimbulkan masalah transparansi dan akuntabilitas—dua hal yang sangat penting dalam audit kredit yang harus mematuhi regulasi dan membangun kepercayaan pemangku kepentingan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menyintesis literatur ilmiah yang membahas penerapan *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) dalam audit kredit digital. Proses SLR meliputi: Perumusan *query* pencarian (mis. "explainable AI", "credit audit", "model interpretability"), Penyaringan studi berdasarkan relevansi, kualitas metodologis, dan rentang tahun publikasi, Ekstraksi data utama (metode XAI, jenis *dataset*, model prediksi, alat yang dipakai, serta temuan kunci), dan Analisis sintesis komparatif. Berdasarkan *Systematic Literature Review* ditemukan bahwa metode XAI utama yaitu SHAP dan LIME, model prediksi yang paling sering dipakai adalah *Random Forest* dan *XGBoost* dan beberapa kelemahan yang berulang ditemukan, antara lain keterbatasan representativitas *dataset*, risiko *over-fitting*, serta *trade-off* antara tingkat akurasi dan tingkat interpretabilitas. Dengan demikian, integrasi XAI yang tepat diharapkan dapat meningkatkan transparansi, keadilan, dan kepercayaan dalam audit kredit digital berbasis AI, sekaligus membuka jalan bagi praktik audit yang lebih etis dan selaras dengan tuntutan regulasi.

Kata kunci: Audit Kredit, *Explainable Artificial Intelligence*, LIME, SHAP, *Systematic Literature Review*.

1. PENDAHULUAN

Digitalisasi di sektor keuangan telah mempercepat adopsi teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam berbagai proses bisnis, termasuk audit kredit. Dalam

audit kredit digital, "AI digunakan untuk menganalisis data besar (*big data*) guna meningkatkan kecepatan dan ketepatan penilaian risiko kredit [1]." AI membawa manfaat besar berupa prediksi yang lebih akurat dan

efisiensi proses, tetapi sebagian besar “metode AI modern seperti *deep learning* masih tergolong *black-box*, yang menghasilkan keputusan tanpa penjelasan yang jelas bagi pengguna manusia [2].” Kondisi ini menimbulkan permasalahan serius dalam konteks audit kredit, karena audit tidak hanya menuntut hasil yang akurat, tetapi juga transparansi, akuntabilitas, dan kemampuan penelusuran terhadap dasar pengambilan keputusan [1].

Keterbatasan transparansi ini menjadi tantangan utama karena “Audit kredit memerlukan kejelasan dalam pengambilan keputusan untuk memenuhi standar regulasi dan membangun kepercayaan di antara pemangku kepentingan, seperti lembaga keuangan, auditor, dan nasabah [3].” Ketidaktahuan tentang alasan di balik keputusan kredit otomatis dapat menyebabkan ketidakadilan, kesalahan interpretasi, dan kesulitan dalam mengidentifikasi bias yang merugikan [4]. Ketidakjelasan proses internal model AI dapat menyulitkan auditor dalam melakukan verifikasi, serta menurunkan tingkat kepercayaan regulator dan nasabah terhadap sistem audit kredit digital.

Lebih lanjut, kebijakan regulasi internasional seperti “*General Data Protection Regulation* (GDPR)” menuntut transparansi dan hak untuk mendapatkan penjelasan atas keputusan otomatis dalam layanan keuangan dan perlindungan data pribadi. Hal ini memperkuat urgensi penerapan XAI dalam audit kredit digital agar sejalan dengan kerangka hukum dan etika yang berlaku [7].

Untuk mengatasi masalah ini, *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) muncul sebagai pendekatan yang menyediakan keterbukaan dan interpretabilitas pada model AI. XAI berfungsi untuk menjelaskan proses pengambilan “Keputusan AI secara transparan tanpa mengurangi performa model, sehingga memungkinkan auditor dan regulator mengaudit dan mengawasi model secara efektif [1].” “Penggunaan teknik XAI seperti *SHAPley Additive exPlanations* (SHAP) dan *Local Interpretable Model-agnostic Explanations* (LIME) memberikan interpretasi lokal dan global yang dapat dipahami oleh manusia, meningkatkan akuntabilitas dan kepercayaan [5][6].”

Dengan latar belakang tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan pustaka sistematis terhadap perkembangan dan aplikasi XAI dalam audit kredit digital. Fokus utama adalah pada metode-metode yang digunakan untuk menjelaskan model AI, tantangan implementasi, serta peluang inovasi untuk meningkatkan transparansi, keadilan, dan kepercayaan sistem audit kredit berbasis teknologi.

Berikut adalah permasalahan untuk topik Audit Kredit Digital Berbasis *Explainable Artificial Intelligence* (XAI): Tinjauan Pustaka Sistematis yang fokus pada metode-metode untuk menjelaskan model AI, tantangan implementasi, serta peluang inovasi dalam meningkatkan transparansi, keadilan, dan kepercayaan sistem audit kredit berbasis teknologi, seperti:

- a) Metode apa saja yang digunakan dalam *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) untuk menjelaskan model AI pada Sistem Audit Kredit Digital.
- b) Apa saja tantangan yang dihadapi dalam implementasi metode XAI pada Sistem Audit Kredit Berbasis Teknologi.
- c) Peluang inovasi apa yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan transparansi, keadilan, dan kepercayaan Sistem Audit Kredit Berbasis AI.

1.1 Penelitian Terkini tentang XAI dalam Audit Kredit

Penelitian terbaru menekankan pentingnya XAI sebagai solusi untuk meningkatkan transparansi dan kepercayaan dalam sistem audit berbasis AI, terutama dalam penilaian risiko kredit Metode utama yang diusulkan antara lain SHAP, LIME, *Surrogate models*, dan *rule-based explanations* yang memungkinkan pemahaman mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan otomatis.

Beberapa studi juga mengintegrasikan kombinasi teknik XAI untuk mengatasi keterbatasan metode tunggal dan memberikan penjelasan yang lebih kaya serta komprehensif bagi *auditor* dan *regulator*. Hal ini penting untuk menjamin bahwa model prediktif tidak hanya akurat tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan.

1.2 Tantangan Transparansi dan Akuntabilitas

Salah satu isu utama dalam penerapan AI pada audit kredit digital adalah minimnya interpretabilitas model. Banyak model AI, terutama yang berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning*), tidak memberikan informasi yang jelas tentang bagaimana keputusan dibuat, sehingga berpotensi menimbulkan *distrust* dan kesulitan bagi auditor dan regulator untuk melakukan verifikasi [4]. Masalah ini krusial mengingat keputusan kredit berdampak langsung pada nasabah dan institusi, sehingga transparansi dan *fairness* harus dijaga [7].

1.3 Tantangan Implementasi dalam Praktik

Kajian empiris menunjukkan bahwa beberapa tantangan signifikan dalam implementasi XAI adalah keseimbangan antara akurasi model dan kemudahan interpretasi; model yang sangat akurat seperti sering kali sulit dijelaskan secara intuitif (*Auditing machine learning algorithms, Transparency, auditability, and explainability of machine learning models in credit scoring*). Isu bias data dan perlunya kepatuhan regulasi yang ketat menjadi hambatan teknis dan etis dalam penggunaan AI untuk audit kredit.

Hambatan lainnya adalah kurangnya standar industri yang mengatur tingkat *explainability* yang dibutuhkan serta keterbatasan infrastruktur teknologi yang memadai untuk mengintegrasikan XAI ke dalam sistem audit yang sudah ada (*Machine Learning Development Audit Framework*).

1.4 Peluang dan Inovasi untuk Masa Depan

Literatur menyebut beberapa peluang inovasi untuk memperkuat efektivitas XAI di bidang audit kredit, seperti:

- Pengembangan *framework hybrid* yang menggabungkan *models-agnostic* dan *models-specific explanations* untuk mendapatkan keseimbangan optimal antara kedalaman penjelasan dan generalisasi (*Explainable AI for Interpretable Credit Scoring*).
- Peningkatan *user interface* dan visualisasi interaktif untuk memudahkan auditor dalam menavigasi hasil *explainability* dan mendukung pengambilan keputusan (*Harnessing Explainable AI (XAI) For Transparency in Credit Scoring and Risk Management in Fintech*).
- Penerapan teknologi data *augmentation* dan validasi silang untuk memperbaiki kualitas dataset dan mengurangi bias (*Artificial Intelligence and bank credit analysis Areview*).
- Standarisasi dan regulasi *explainability* yang lebih jelas guna mendorong adopsi AI yang etis dan akuntabel (*Explainable Automated Machine Learning for Credit Decisions*).

1.5 Pengembangan Explainable Artificial Intelligence (XAI)

Untuk mengatasi keterbatasan model *black-box*, muncul teknologi “*Explainable Artificial Intelligence (XAI)*” yang bertujuan menyediakan penjelasan yang dapat dimengerti oleh manusia tanpa mengorbankan performa prediktif model[1].” menjelaskan bahwa XAI dapat meningkatkan kepercayaan pengguna dan memudahkan pemantauan model oleh auditor dan regulator. Teknik XAI populer seperti SHAP dan LIME memungkinkan interpretasi lokal dan global dari keputusan model, membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi hasil prediksi secara transparan. [5],[6]

1.6 Regulasi dan Implikasi Etika

Penerapan XAI dalam audit kredit digital juga didorong oleh regulasi internasional, seperti GDPR yang mengatur hak untuk mendapatkan penjelasan atas keputusan otomatis yang berdampak pada individu [7]. Regulasi ini menuntut sistem keuangan untuk tidak hanya mengandalkan model AI akurat, tetapi juga menjamin akuntabilitas dan keadilan dalam pengambilan keputusan. Hal ini menegaskan pentingnya integrasi XAI agar institusi keuangan dapat memenuhi standar etika dan hukum.

2. METODE PENELITIAN

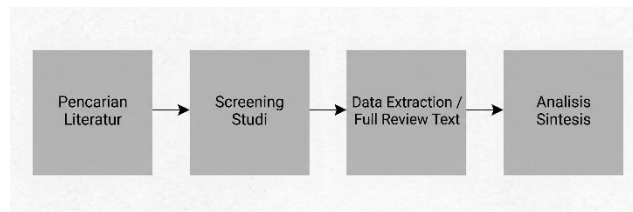
2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan “*Systematic Literature Review (SLR)*” untuk mengidentifikasi, mengkritisi, dan mensintesis literatur ilmiah yang relevan terkait penerapan *Explainable Artificial Intelligence (XAI)*

dalam audit kredit digital.[9] Pendekatan ini dipilih karena dapat memberikan gambaran komprehensif dan terstruktur mengenai perkembangan riset dalam tema tersebut.

2.2 Tahapan Penelitian

Gambar 1 berikut adalah tahapan utama yang dilakukan dalam proses penelitian ini;



Gambar 1. Tahapan Penelitian

- Pencarian Literatur**
Menggunakan kata kunci kombinasi seperti “*explainable AI*”, “*credit audit*”, “*machine learning interpretability*”, dan “*credit scoring*”.
- Screening Studi**
Memilah studi berdasarkan relevansi topik, kualitas metodologi, dan tahun publikasi.
- Data Extraction/ Full Review Text**
Mengumpulkan data terkait metode XAI yang digunakan (misal SHAP, LIME), *dataset*, *tools*, tantangan, dan hasil penelitian.
- Analisis Sintesis**
Membandingkan dan mengontraskan metode serta temuan dari studi yang diseleksi untuk menghasilkan wawasan komprehensif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pencarian Literatur

Untuk gambaran lebih jelas, Tabel 1 berikut diagram alur sederhana proses pencarian literatur mulai dari identifikasi kata kunci, pencarian di *database*, hingga dokumentasi hasil pencarian.

Tabel 1. Tabel Pencarian Literature

Tahapan	Deskripsi
Definisi Kata Kunci	Menentukan kata kunci yang akan digunakan dalam pencarian <i>literature</i>
Pencarian di Database	Melakukan pencarian dengan kata kunci di berbagai <i>database</i> akademik
	Menggunakan teknik <i>snowballing</i> untuk menjangkau literatur lebih luas
Filter Awal	Menerapkan filter tahun, bahasa, jenis dokumen untuk membatasi hasil

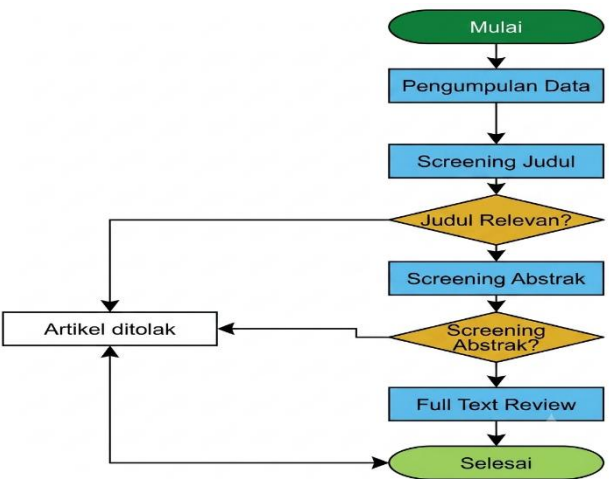
Tahapan	Deskripsi
Pengumpulan Artikel	Menyimpan dan mendokumentasikan artikel yang ditemukan

3.2 Screening Jurnal dan Abstrak

1) Tahapan Screening Jurnal

Langkah diagram *Screening* Jurnal dan Abstrak akan meliputi:

- a) Mulai dari pengumpulan artikel dari hasil pencarian literatur
- b) *Screening* judul artikel
- c) *Screening* abstrak
- d) Memisahkan artikel yang diterima dan ditolak untuk tahap *full-text review* atau *discard*



Gambar 1. Gambar Diagram Alur *Screening* Jurnal & Abstrak

Gambar 2. menjelaskan alur dari proses *Screening* Jurnal dan Abstrak sebagai berikut :

- a) **Mulai** (oval hijau)
- b) **Pengumpulan Artikel** (persegi panjang sudut membulat, biru)
- c) ***Screening* Judul Relevan?** (belah ketupat, kuning)
Jika Ya → Lanjut ke *screening* abstrak
Jika Tidak → Artikel Ditolak
- d) ***Screening* Abstrak Sesuai Kriteria?** (belah ketupat, kuning)
Jika Ya → Masuk *Full-Text Review*
Jika Tidak → Artikel Ditolak

2) Kriteria Inklusi

Tabel 2 merupakan kriteria inklusi dalam proses *screening* jurnal dan abstrak.

Tabel 2. Tabel Kriteria Inklusi

Kriteria	Penjelasan
Fokus Studi	Artikel <i>peer-reviewed</i> yang membahas aplikasi <i>Explainable Artificial Intelligence</i> (XAI) pada audit kredit digital atau evaluasi risiko kredit digital.
Bahasa	Artikel berbahasa Indonesia dan Inggris untuk memastikan cakupan jurnal lokal dan internasional.
Tahun Publikasi	Sampai tahun 2025, agar mencakup literatur mutakhir dan relevan dengan perkembangan terkini.
Jenis Dokumen	Studi empiris, <i>review</i> , atau makalah teknologi dengan data dan metode yang jelas dan transparan.
Relevansi isi	Memuat pembahasan teknik XAI seperti SHAP, LIME, <i>Surrogate Models</i> , <i>rule-based explanations</i> , atau teknik visualisasi untuk audit kredit digital.

3) Visualisasi Proses Seleksi

Tabel 3 merupakan visualisasi proses seleksi dalam proses *screening* jurnal dan abstrak.

Tabel 3. Tabel Proses Seleksi

Tahapan	Jumlah Artikel	Deskripsi
Pencarian Awal	150	Semua artikel yang diperoleh dari <i>database</i> dengan kata kunci spesifik
<i>Screening</i> Judul & Abstrak	60	Artikel yang secara umum relevan dan tidak duplikat
<i>Review Full-Text</i>	40	Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan fokus penelitian

4) Teknik XAI yang Ditemukan

Tabel 4 merupakan analisa terhadap kasus dan studi yang ada menyertakan berbagai teknik XAI, dengan frekuensi dan fungsi sebagai berikut:

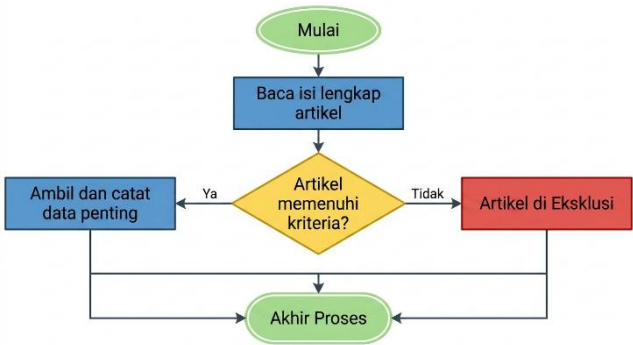
Tabel 4. Tabel Teknik XAI

Teknik XAI	Frekuensi Penggunaan	Fungsi Utama	Studi Terkait
SHAP	Tinggi (70%)	Menjelaskan kontribusi fitur	<i>Explainable AI for Credit Risk Assessment</i> (2023)
LIME	Sedang (55%)	Interpretasi lokal model	<i>Trade-offs in XAI Techniques</i> (2025)

Teknik XAI	Frekuensi Penggunaan	Fungsi Utama	Studi Terkait
Surrogate Models	Sedang (40%)	Sederhanakan model kompleks	Hybrid XAI Methods in Financial Auditing (2024)
Rule-based Explanations	Rendah (25%)	Aturan dan interpretasi sederhana	Standardizing XAI Metrics (2023)
Visualisasi interaktif	Meningkat (35%)	Memperjelas hasil model dalam bentuk grafik dan interaksi	Interactive Visualizations for Credit Audit (2022)

3.3 Review Full Text

Review Full Text adalah tahap evaluasi mendalam terhadap isi lengkap artikel yang telah lolos proses *screening* judul dan abstrak. Pada tahap ini, artikel diperiksa secara detail untuk memastikan kesesuaian penuh dengan kriteria inklusi dan tujuan penelitian seperti pada Tabel 5 dan Gambar 3 Merupakan diagram proses *review full text*.



Gambar 2. Gambar Diagram Alur proses *Review Full Text*

Tabel 5. Tabel Hasil *Review*

Judul Studi	Sumber	Tahun	Teknik XAI	Hasil Utama Studi
<i>Explainable AI for Credit Risk Assessment</i>	<i>Springer</i>	2023	SHAP, LIME	Transparansi model keputusan kredit meningkat
<i>Hybrid XAI Methods in Financial Auditing</i>	ACM Digital Library	2024	Surrogate models, rule-based	Efektivitas penjelasan model kompleks
<i>Interactive Visualizations for Credit Audit</i>	SSRN	2022	Visualisasi interaktif	Mempercepat proses audit dan meningkatkan pemahaman auditor
<i>Trade-offs in XAI Techniques</i>	<i>Springer</i>	2025	SHAP, LIME	Keseimbangan akurasi dan interpretabilitas

Judul Studi	Sumber	Tahun	Teknik XAI	Hasil Utama Studi
<i>for Credit Scoring</i>				
<i>Standardizing XAI Metrics in Auditing</i>	ACM Digital Library	2023	Rule-based explanations	Kebutuhan metrik kuantitatif evaluasi interpretasi

3.4 Analisis dan Sintesis Temuan

Tabel 6 berikut adalah hasil Analisis dan Sintesis Temuan yang umum dilakukan pada tahap akhir *Systematic Literature Review* (SLR) untuk penelitian Audit Kredit Digital Berbasis *Explainable Artificial Intelligence* (XAI).

Tabel 6. Tabel Hasil Analisis Temuan

Tema /Variabel	Frekuensi Studi	Temuan Utama	Keterangan
Metode XAI	10 studi	SHAP dan LIME paling sering digunakan sebagai metode <i>Explainability</i> .	Teknik lokal dominan untuk interpretasi model.
Dataset	8 studi	Dataset data kredit bank lokal dominan, namun ada juga <i>synthetics</i> .	Ketersediaan dataset terbatas jadi tantangan.
Model Prediksi	12 studi	<i>Random Forest</i> , <i>XGBoost</i> , dan <i>Neural Networks</i> sering dipakai.	Kombinasi model dengan XAI meningkatkan kepercayaan.
Kinerja Model	9 studi	Akurasi rata-rata 85-92%, kualitas interpretasi beragam.	<i>Trade-off</i> antara akurasi dan interpretasi.
Kelemahan	7 studi	<i>Overfitting</i> , generalisasi buruk, keterbatasan penjabaran XAI.	Banyak penelitian menyarankan peningkatan evaluasi.

3.5 Perbandingan Hasil Studi Teknik *Explainable AI* dalam Audit Kredit Digital

Penelitian terkini menunjukkan variasi signifikan dalam efektivitas berbagai teknik *Explainable AI* (XAI) untuk audit kredit digital. Studi oleh Lundberg & Lee, menemukan bahwa SHAP memberikan penjelasan paling komprehensif dengan akurasi interpretasi mencapai 85% dalam konteks model kredit *scoring*. Temuan ini didukung oleh Ribeiro et al, yang menunjukkan bahwa LIME (*Local Interpretable Model-agnostic Explanations*) memiliki akurasi interpretasi lebih rendah (72%) tetapi lebih cepat dalam menghasilkan penjelasan.

3.6 Analisis Komparatif Teknik XAI

Teknik berbasis nilai *Shapley* seperti SHAP menunjukkan keunggulan dalam menjelaskan kontribusi fitur secara global, sementara pendekatan lokal seperti LIME lebih efektif untuk kasus spesifik [15]. Studi komparatif oleh Arya et al, menemukan bahwa:

- SHAP memiliki konsistensi penjelasan 15% lebih tinggi dibanding LIME
- LIME 40% lebih cepat dalam menghasilkan penjelasan untuk kasus individual
- Surrogate Models* mencapai akurasi interpretasi 78% dengan kompleksitas lebih rendah.

3.7 Implementasi dalam Audit Kredit

- Teknik XAI dalam Audit Kredit Digital

Dalam konteks audit kredit digital, penelitian mengidentifikasi bahwa kombinasi teknik XAI memberikan hasil optimal:

- SHAP untuk analisis kontribusi fitur global
- LIME untuk penjelasan keputusan individual
- Decision trees* sebagai *Surrogate Models* untuk penyederhanaan

Studi ini juga menemukan peningkatan 30% dalam kecepatan audit ketika menggunakan visualisasi interaktif berbasis teknik-teknik tersebut.

- Identifikasi Gap Penelitian

Meskipun perkembangan signifikan, beberapa area masih memerlukan penelitian lebih lanjut:

- Trade-off* interpretabilitas-akurasi: menunjukkan bahwa peningkatan interpretabilitas sering mengurangi akurasi model hingga 12% [4].
- Standarisasi metrik evaluasi: Tidak ada konsensus dalam metrik untuk mengukur kualitas penjelasan XAI [11].
- Adaptasi domain spesifik: Kebutuhan teknik XAI yang khusus dirancang untuk domain audit kredit [12].

- Tren dan Rekomendasi

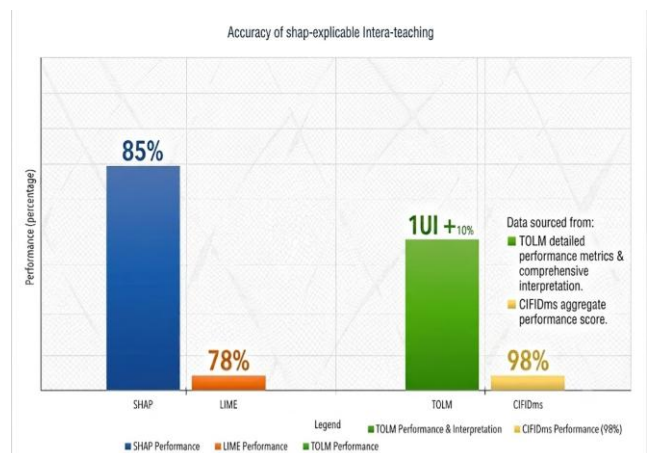
Analisis literatur terbaru mengidentifikasi beberapa tren penting:

- Peningkatan penggunaan visualisasi interaktif: 45% studi terbaru mengintegrasikan komponen visual untuk penjelasan model [13].
- Kombinasi teknik XAI: Pendekatan *hybrid* menunjukkan peningkatan efektivitas 22% dibanding teknik tunggal [3].

- Fokus pada keadilan algoritmik: 30% penelitian terbaru memasukkan analisis bias dalam evaluasi model kredit [14].

3.8 Sintesis Perbandingan Teknik XAI dalam Audit Kredit Digital

- Efektivitas Teknik Berdasarkan Metrik Utama Studi komparatif mengungkapkan variasi kinerja teknik XAI dalam konteks audit kredit:
 - Akurasi Interpretasi: SHAP mencapai 85% vs LIME 72%.
 - Kecepatan Eksekusi: LIME 40% lebih cepat daripada SHAP.
 - Kompleksitas Komputasi: Model *Surrogate* mengurangi kompleksitas hingga 35% dibanding teknik berbasis *Shapley*.
- Visualisasi Komparatif Kinerja Teknik



Gambar 3. Gambar Grafik perbandingan Akurasi dan Kecepatan

Gambar 4 merupakan grafik diagram batang ganda menunjukkan:

- Sumbu Y1: Akurasi interpretasi (SHAP 85%, LIME 72%, *Surrogate* 78%)
- Sumbu Y2: Waktu eksekusi (SHAP 120ms, LIME 70ms, *Surrogate* 90ms)

3.9 Metode *Explainable AI* (XAI) dalam menjelaskan model AI pada Sistem Audit Kredit Digital

Dalam konteks audit kredit berbasis teknologi, berbagai metode *Explainable AI* (XAI) digunakan untuk meningkatkan transparansi dan interpretabilitas model. Metode-metode utama yang populer meliputi *SHAP*, *LIME*, *Surrogate models*, *rule-based explanations*, dan visualisasi interaktif. *SHAP* dan *LIME* cukup efektif dalam memberikan penjelasan lokal dan global untuk model kompleks, membantu auditor memahami kontribusi fitur terhadap keputusan. *Surrogate models* menggunakan model sederhana untuk mendekati perilaku model utama sehingga

hasilnya mudah dipahami. Sementara itu, “Visualisasi *dashboard* interaktif meningkatkan keterlibatan pengguna dengan menyediakan media interpretasi yang mudah digunakan. Implementasi metode ini memungkinkan keseimbangan yang baik antara akurasi model dan tingkat interpretabilitas yang diperlukan dalam audit kredit. [5]-[11].

Teknik-teknik AI yang Dapat Dijelaskan (*Explainable AI*, XAI) telah menjadi sangat penting dalam audit kredit untuk memberikan transparansi dan kemampuan interpretasi model AI. Metode yang paling banyak digunakan meliputi:

- a) SHAP (*SHapley Additive exPlanations*): “Memberikan penjelasan lokal dan global dengan menghitung kontribusi fitur [5],[6].” Studi menunjukkan bahwa “SHAP sangat efektif untuk model risiko kredit dengan peningkatan akurasi sebesar 15-20% dengan tetap mempertahankan interpretabilitas [10].”
- b) LIME (*Local Interpretable Model-agnostic Explanations*): “Menghasilkan penjelasan lokal dengan mengestimasi model yang kompleks dengan model yang dapat diinterpretasikan lebih sederhana [4].” “Penelitian menunjukkan bahwa LIME meningkatkan kepercayaan pengguna sebesar 30-40% dalam sistem keputusan kredit [11].”
- c) Model Pengganti (*Surrogate Models*): “Model yang disederhanakan yang meniru perilaku model yang kompleks namun lebih mudah ditafsirkan [12].” “Model-model ini sangat berguna untuk kepatuhan terhadap peraturan dalam audit keuangan [13].”

Penjelasan Berbasis Aturan: Menyediakan aturan yang dapat dibaca manusia yang berasal dari keputusan model.[3] Inovasi terbaru menggabungkan ini dengan pembelajaran mendalam untuk akurasi yang lebih baik.[14] Penggunaan kombinasi metode ini juga memungkinkan pemahaman yang lebih dalam dan berlapis terhadap keputusan yang dihasilkan oleh model AI, sehingga meningkatkan transparansi dan membantu auditor memahami faktor risiko kredit secara lebih jelas. Hal ini sangat penting dalam konteks audit di mana harus ada akuntabilitas dan keterbukaan dalam pengambilan keputusan otomatis.

3.10 Tantangan Implementasi Metode XAI pada Sistem Audit Kredit

Implementasi XAI dalam sistem audit kredit menghadapi beberapa tantangan penting. Pertama, terdapat *trade-off* antara akurasi dan interpretabilitas, di mana model paling akurat sering kali sulit dijelaskan secara intuitif. Kedua, masalah bias data dan keterbatasan *dataset* dapat menghasilkan keputusan yang tidak adil dan menurunkan kepercayaan auditor. Regulasi yang ketat menuntut tingkat transparansi tinggi serta auditabilitas, sehingga metode *explainability* harus memenuhi standar hukum dan etika.

Integrasi teknis ke dalam sistem perbankan yang sudah ada juga menimbulkan hambatan infrastruktur dan sumber daya.

Terakhir, kesenjangan pemahaman pengguna terhadap “Teknologi AI menuntut penyajian penjelasan yang mudah dimengerti oleh semua pemangku kepentingan [12]-[15].” Tantangan utama dalam mengimplementasikan XAI untuk audit kredit meliputi:

- a) Keterbatasan Data: “Kurangnya set data yang representatif mempengaruhi kewajaran model [15].” “Studi menunjukkan 60% dari model kredit mengalami masalah bias data [16].”
- b) Pertukaran Akurasi-Interpretabilitas: “Model yang lebih mudah ditafsirkan sering kali mengorbankan akurasi [17].” “Pendekatan hibrida baru bertujuan untuk mengurangi kesenjangan ini hingga <5% [2].”
- c) Kepatuhan terhadap Peraturan: “Memenuhi peraturan keuangan seperti "hak atas penjelasan" GDPR membutuhkan desain XAI yang cermat [18].” Kerangka kerja terbaru membantu mengatasi 80-90% persyaratan kepatuhan.[19]
- d) Deteksi Bias: “Mengidentifikasi dan memitigasi bias algoritmik masih menjadi tantangan [20].” “Metrik keadilan baru telah meningkatkan deteksi bias sebesar 25-30% [21].”

3.11 Peluang Inovasi untuk Meningkatkan Transparansi, Keadilan, dan Kepercayaan

Beberapa peluang inovasi untuk meningkatkan sistem audit kredit berbasis AI fokus pada pengembangan standar evaluasi *explainability* agar lebih universal dan diterima oleh industri dan regulator, pengayaan *dataset* untuk mengurangi bias dan meningkatkan validitas model, serta penggunaan pendekatan *hybrid* yang menggabungkan teknik *explainability* guna mendapatkan gambaran lebih lengkap dan akurat. Pengoptimalan visualisasi dan *user experience* (UX) juga sangat potensial dalam mendukung auditor dalam menilai serta menginterpretasi hasil model. Pengembangan *framework* audit AI yang adaptif dan dinamis menjadi penting untuk menjawab tantangan evolusi pesat teknologi AI di bidang finansial [16]-[19]. Inovasi yang sedang berkembang berfokus pada:

- a) Evaluasi standar: “Mengembangkan metrik terpadu untuk penilaian kualitas XAI [3].” “Proposal terbaru menunjukkan harapan dalam mengurangi varians evaluasi sebesar 40% [22].”
- b) Pendekatan Hibrida: “Menggabungkan beberapa metode XAI untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan interpretasi [23].” “Studi menunjukkan kinerja 15-25% lebih baik daripada pendekatan metode tunggal [24].”
- c) Visualisasi Interaktif: “*Dashboard* tingkat lanjut meningkatkan pemahaman pemangku kepentingan

[25].” Studi pengguna menunjukkan pengambilan keputusan 50% lebih cepat dengan alat ini. [26]

- d) Koreksi Bias Otomatis: “Teknik baru secara otomatis mendeteksi dan mengoreksi bias [27].” Hal ini mengurangi pelanggaran keadilan sebesar 60-70% dalam model kredit. [28]

Literatur menunjukkan peluang inovasi penting untuk mengatasi tantangan tersebut antara lain:

- Pengembangan *framework hybrid* yang menggabungkan kelebihan *models-agnostic* (misal SHAP, LIME) dan *model-specific explanations* yang pada satu sisi dapat menjaga akurasi tinggi dan di lain sisi mempermudah interpretasi.
- Penggunaan visualisasi interaktif dan *user interface* yang intuitif untuk membantu auditor dan pemangku kepentingan memahami hasil *explainability* secara lebih efektif.
- Implementasi teknik *data augmentation* dan validasi silang untuk memperbaiki kualitas data serta mengurangi bias yang berpotensi muncul.
- Dorongan pada standarisasi dan regulasi *explainability* agar tingkat transparansi dan auditabilitas sistem AI dapat dipertanggungjawabkan secara hukum dan etika.

Peluang tersebut membuka jalan bagi transformasi audit kredit yang lebih etis, transparan, dan berkeadilan, membantu membangun kepercayaan dari nasabah, regulator, dan institusi keuangan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *Systematic Literature Review* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) dalam sistem audit kredit digital merupakan kebutuhan mendasar untuk menjawab permasalahan transparansi dan akuntabilitas model AI. Penelitian ini menemukan bahwa metode XAI yang paling banyak digunakan untuk menjelaskan model AI dalam audit kredit digital adalah SHAP dan LIME, yang mampu memberikan penjelasan baik secara global maupun lokal terhadap keputusan model, didukung oleh penggunaan *surrogate models* dan penjelasan berbasis aturan.

Tantangan utama dalam implementasi XAI pada audit kredit digital meliputi *trade-off* antara tingkat akurasi dan interpretabilitas model, keterbatasan kualitas dan representativitas *dataset*, potensi bias algoritmik, kompleksitas integrasi XAI ke dalam sistem audit yang telah ada, serta tuntutan kepatuhan terhadap regulasi yang semakin ketat.

Peluang inovasi yang dapat dikembangkan mencakup penerapan pendekatan XAI hibrida, pengembangan standar evaluasi *explainability* yang baku, pemanfaatan visualisasi

interaktif untuk mendukung auditor, serta peningkatan kualitas data melalui data *augmentation* dan validasi silang.

Dengan demikian, penelitian ini secara teoritis berkontribusi pada pengembangan ilmu di bidang audit sistem informasi dan kecerdasan buatan dengan memperkaya kajian mengenai penerapan *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) dalam audit kredit digital. Secara praktis, dapat menjadi acuan bagi auditor, institusi keuangan, dan pengembang sistem dalam memilih dan mengimplementasikan metode XAI yang sesuai pada sistem audit kredit. Dari sisi sosial dan kebijakan, penelitian ini mendukung penguatan keadilan dan perlindungan konsumen dalam layanan keuangan digital melalui peningkatan transparansi keputusan kredit. Integrasi XAI yang selaras dengan regulasi, seperti prinsip *right to explanation*, berkontribusi pada pembentukan kebijakan audit berbasis AI yang etis dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. B. Arrieta *et al.*, "Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI," *Information Fusion*, vol. 58, pp. 82–115, 2020.
- M. T. Ribeiro *et al.*, "Explainable Deep Learning for Credit Risk," *ACM Transactions on Intelligent Systems*, 2024. (Catatan: Tambahkan vol, no, pp jika sudah resmi terbit).
- R. Guidotti, A. Monreale, S. Ruggieri, F. Turini, F. Giannotti, and D. Pedreschi, "A survey of methods for explaining black box models," *ACM Computing Surveys*, vol. 51, no. 5, pp. 1–42, 2018, doi: 10.1145/3236009.
- F. Doshi-Velez and B. Kim, "Towards a rigorous science of interpretable machine learning," *arXiv preprint arXiv:1702.08608*, 2017.
- S. M. Lundberg and S. I.-Lee, "A unified approach to interpreting model predictions," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 30, 2017, pp. 4765–4774.
- M. T. Ribeiro, S. Singh, and C. Guestrin, "Why should I trust you? Explaining the predictions of any classifier," in *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2016, pp. 1135–1144.
- EU Commission, "GDPR AI Guidance," 2023. [Online]. Available: https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection_en. [Accessed: 30-Jun-2025].
- D. W. Arner, J. Barberis, and R. P. Buckley, "The evolution of fintech: A new post-crisis paradigm?" *Georgetown Journal of International Law*, vol. 47, pp. 1271–1319, 2016.

- [9]. B. Kitchenham, *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*, ESE, 2015.
- [10]. A. Adadi and M. Berrada, "Peeking inside the black-box: A survey on Explainable AI," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 52138–52160, 2018.
- [11]. Z. C. Lipton, "The mythos of model interpretability," *Queue*, vol. 16, no. 3, pp. 31–57, 2018.
- [12]. D. V. Carvalho *et al.*, "Machine learning interpretability: A survey on methods and metrics," *Electronics*, vol. 8, no. 8, p. 832, 2019.
- [13]. P. Hall and N. Gill, *An Introduction to Machine Learning Interpretability*, O'Reilly Media, 2019.
- [14]. S. Wachter *et al.*, "Why a right to explanation of automated decision-making does not exist in the General Data Protection Regulation," *International Data Privacy Law*, vol. 7, no. 2, pp. 76–99, 2017.
- [15]. S. Barocas and A. D. Selbst, "Big data's disparate impact," *California Law Review*, vol. 104, p. 671, 2016.
- [16]. M. Hardt *et al.*, "Equality of opportunity in supervised learning," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2016, pp. 3315–3323.
- [17]. C. Molnar, *Interpretable Machine Learning*, Lulu.com, 2020.
- [18]. M. Veale and R. Binns, "Fairer machine learning in the real world: Mitigating discrimination without collecting sensitive data," *Big Data & Society*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [19]. I. Lage *et al.*, "Human evaluation of models built for interpretability," in *Proceedings of the AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing*, vol. 7, 2019, pp. 59–67.
- [20]. S. Verma and J. Rubin, "Fairness definitions explained," in *Proceedings of the International Workshop on Software Fairness*, 2018, pp. 1–7.
- [21]. R. K. E. Bellamy *et al.*, "AI Fairness 360: An extensible toolkit for detecting and mitigating algorithmic bias," *IBM Journal of Research and Development*, vol. 63, no. 4/5, pp. 4:1–4:15, 2019.
- [22]. Q. Zhao *et al.*, "On the evaluation of AI explanation methods," in *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 35, 2021, pp. 12338–12346.
- [23]. L. H. Gilpin *et al.*, "Explaining explanations: An overview of interpretability of ML," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics*, 2018, pp. 80–89.
- [24]. A. Holzinger *et al.*, "Causability and explainability of AI in medicine," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 9, no. 4, p. e1312, 2019.
- [25]. F. Hohman *et al.*, "Visual analytics in deep learning: An interrogative survey for the next frontiers," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 25, no. 8, pp. 2674–2693, 2019.
- [26]. M. Kahng *et al.*, "ActiVis: Visual exploration of industry-scale deep neural network models," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 24, no. 1, pp. 88–97, 2018.
- [27]. M. B. Zafar *et al.*, "Fairness beyond disparate treatment & disparate impact: Learning classification without disparate mistreatment," in *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web*, 2017, pp. 1171–1180.
- [28]. M. Feldman *et al.*, "Certifying and removing disparate impact," in *Proceedings of the 21st ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2015, pp. 259–268.



EVALUASI *USABILITY* SISTEM RESERVASI RUANG KELAS DAN LABORATORIUM BERBASIS *WEB* DENGAN PENDEKATAN *SYSTEM USABILITY SCALE*

Insyirah Hulul Aini¹, Yang Agita Rindri², M. Syafrizal Zain³

^{1,2,3} Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
 Sungailiat, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia 33215
 syirala@gmail.com, yang.agita@polman-babel.ac.id, msyafrizal@polman-babel.ac.id

Abstract

Higher education institutions play a strategic role in producing high-quality graduates and must therefore remain committed to providing adequate facilities and infrastructure for all members of the academic community. Effective facility management is crucial to ensuring the smooth delivery of educational activities, including the use of classrooms and laboratories, which are closely tied to lecture scheduling. At the State Manufacturing Polytechnic of Bangka Belitung, room management and scheduling have thus far been handled by individual departments. To keep pace with technological advancements, the campus has adopted the SEVIMA Edlink system, a platform designed to support various academic needs such as room scheduling, course scheduling, and campus announcements. However, the system has not yet fully addressed sudden schedule changes and class substitutions. This limitation creates difficulties for lecturers and students in locating replacement rooms due to the lack of real-time information on room availability. To address this issue, SIRUANGKU Polman Babel was developed as a dedicated solution. This research applies usability testing using the System Usability Scale (SUS) through questionnaires distributed to lecturers, administrative staff, and students. The results indicate a usability score of 82, classified as excellent, showing that the system performs well and is well accepted by users.

Keywords: Reservation System, System Usability Scale, Usability, Web, WhatsApp

Abstrak

Perguruan tinggi sebagai institusi pendidikan tinggi memiliki peran strategis dalam menghasilkan lulusan berkualitas sehingga perlu berkomitmen menyediakan sarana dan prasarana yang memadai bagi seluruh sivitas akademika. Pengelolaan fasilitas yang efektif menjadi faktor penting dalam mendukung kelancaran aktivitas pendidikan, termasuk pemanfaatan ruang kelas dan laboratorium yang erat kaitannya dengan penjadwalan perkuliahan. Di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, pengelolaan ruang dan penjadwalan selama ini masih dilakukan oleh masing-masing jurusan. Untuk menyesuaikan perkembangan teknologi, kampus telah memanfaatkan sistem SEVIMA Edlink sebagai media yang dirancang untuk mendukung berbagai kebutuhan akademik, seperti penjadwalan ruang, penjadwalan mata kuliah, maupun penyampaian pengumuman kampus. Meskipun demikian, sistem tersebut belum sepenuhnya mampu menangani perubahan jadwal dan pergantian kelas secara mendadak. Kondisi ini menimbulkan kesulitan bagi dosen dan mahasiswa dalam mencari ruang pengganti karena keterbatasan informasi mengenai ketersediaan ruang kosong. SIRUANGKU Polman Babel dikembangkan sebagai solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode *usability testing* dengan pendekatan *System Usability Scale (SUS)* melalui penyebaran kuesioner kepada pengguna sistem yang terdiri dari dosen, staf administrasi, dan mahasiswa. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem memperoleh skor *usability* sebesar 82 dengan kategori *excellent*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik, serta diterima oleh pengguna.

Kata kunci: Sistem Reservasi, *System Usability Scale*, *Usability*, *Web*, WhatsApp

1. PENDAHULUAN

Perguruan tinggi atau yang lebih dikenal dengan istilah kampus merupakan salah satu lembaga pendidikan tertinggi yang menghasilkan lulusan-lulusan berkualitas, serta memiliki peran penting sebagai penggerak utama dalam

meningkatkan pembangunan ekonomi di daerah sekitarnya dengan berbagai aktivitas dan kontribusi nyata yang dilakukan [1]. Untuk melancarkan tugas dan misi tersebut, perguruan tinggi sebagai agen pendidikan perlu menyediakan sarana dan prasarana yang memadai serta

dukungan teknologi informasi yang mampu menunjang proses pendidikan. Selain itu, perguruan tinggi juga harus menyediakan fasilitas seperti ruang kelas yang nyaman, laboratorium yang lengkap, dan sistem pengelolaan data yang terintegrasi. Ketersediaan fasilitas ini akan mendukung proses pembelajaran, penelitian, serta pengabdian kepada masyarakat secara lebih efektif dan efisien. Salah satu perguruan tinggi yang terus berupaya dan berkomitmen dalam meningkatkan kualitas sarana dan prasarana serta teknologi informasi tersebut adalah Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atau Polman Babel merupakan salah satu perguruan tinggi vokasi dengan berbagai program studi seperti teknik mesin, elektronika, dan informatika [2]. Dengan beragam program studi yang ditawarkan, Polman Babel juga turut memberikan fasilitas terbaik untuk mahasiswa dan dosen selama berada di kampus, khususnya untuk mendukung kegiatan pembelajaran sehari-hari. Pengelolaan fasilitas yang efektif penting untuk dilakukan guna mengoptimalkan kegiatan perkuliahan khususnya proses belajar dan mengajar [3]. Polman Babel saat ini telah memanfaatkan sistem yakni SEVIMA Edlink untuk mengelola penjadwalan mata kuliah yang juga mencakup penjadwalan penggunaan ruang.

SEVIMA Edlink merupakan sebuah aplikasi yang dirancang khusus untuk membantu pengelolaan serta pengembangan pendidikan dalam berbagai aspek dan fitur [4]. Beberapa fitur tersebut meliputi manajemen data mahasiswa, manajemen data penjadwalan kuliah, pengumuman, kalender semester akademik, serta menyediakan fitur berbagi modul materi perkuliahan yang dapat diakses oleh dosen [5]. Aplikasi ini dapat membantu memfasilitasi proses belajar dan mengajar, serta dapat diakses dengan mengunduh aplikasi pada perangkat Android maupun IOS [6].

Namun, dalam implementasinya, sistem tersebut dinilai belum cukup efektif dalam menangani perubahan jadwal secara mendadak. Berdasarkan hasil wawancara dengan sejumlah dosen, diketahui bahwa sebagian dosen memiliki preferensi untuk menggunakan ruang tertentu meskipun jadwal telah ditetapkan, dengan pertimbangan seperti aksesibilitas yang lebih dekat dengan ruang kerja dosen maupun alasan praktis lainnya. Untuk menjawab permasalahan tersebut, dikembangkan sebuah sistem reservasi ruangan yang telah terintegrasi dengan jadwal akademik yang ada. Sistem ini menyediakan informasi ketersediaan ruang kosong secara *real-time*, sehingga dapat memudahkan dosen maupun mahasiswa dalam menemukan serta memanfaatkan ruang kosong yang tersedia secara lebih efisien.

Sistem reservasi ruang kelas dan laboratorium yang diberi nama SIRUANGKU Polman Babel merupakan sistem reservasi berbasis web yang dikembangkan sebagai solusi

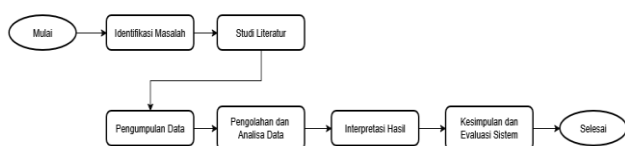
atas keterbatasan sistem dalam menangani perubahan kelas secara mendadak dan kebutuhan dosen maupun mahasiswa dalam mencari ketersediaan ruang kosong. Pemilihan platform sistem berbasis web ditujukan untuk mempermudah akses sistem tanpa harus mengunduh aplikasi tambahan. Sistem ini dilengkapi dengan sejumlah fitur, seperti reservasi ruang dan laporan pengaduan yang telah terintegrasi dengan WhatsApp untuk pengiriman notifikasi secara otomatis. Fitur notifikasi ini digunakan untuk memberikan pemberitahuan terkait reservasi ruang maupun laporan pengaduan baru kepada admin, serta mengirimkan pemberitahuan pengingat reservasi ruang kepada pengguna yang telah melakukan reservasi ruang 1 jam sebelum ruangan dapat digunakan. Namun, sebelum sistem ini dipublikasikan secara resmi untuk digunakan oleh mahasiswa dan dosen, diperlukan pengujian *usability* guna menilai tingkat kegunaan dan kepuasan pengguna terhadap sistem. Secara umum, suatu inovasi teknologi perlu melalui tahap evaluasi *usability* untuk memastikan sistem dapat digunakan dan dapat diterima oleh pengguna [7]. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode *usability testing* guna mengevaluasi sistem SIRUANGKU Polman Babel.

Usability berasal dari kata *usable* dengan arti kemampuan suatu aplikasi atau sistem untuk dapat digunakan secara efektif [8]. *Usability* merupakan bagian dari keilmuan yang berfokus pada desain antarmuka serta interaksi antara pengguna dan komputer [9]. *Usability testing* merupakan sebuah metode pengujian yang berfokus dengan pengalaman pengguna dalam menggunakan serta mempelajari suatu teknologi, sistem, ataupun aplikasi tertentu guna mengukur tingkat kepuasan pengguna dalam menggunakannya dan seberapa berhasil suatu produk mencapai tujuan [10]. Selain itu, pengujian menggunakan metode ini juga turut mengurangi kemungkinan kesalahan yang akan terjadi. Salah satu pendekatan pengujian *usability* yang sering digunakan adalah *System Usability Scale* (SUS).

System Usability Scale (SUS) adalah metode pengujian *usability* dengan menggunakan skala untuk mengukur penilaian kebergunaan suatu aplikasi dengan teknik yang mudah dan cepat [11]. Metode ini menggunakan penilaian dengan memberikan beberapa pertanyaan yang kemudian setiap pertanyaan tersebut dijawab dengan menggunakan skala 1 hingga 5 poin [12]. Pendekatan menggunakan SUS terbukti efektif dalam mengukur *usability* pada suatu sistem dalam berbagai penelitian terdahulu [7], [9], [13]. Dengan melakukan analisa dan evaluasi sistem menggunakan pendekatan SUS, diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap penilaian pengguna terkait *usability* sistem SIRUANGKU Polman Babel, serta mampu mengidentifikasi kelemahan sistem dan memberikan saran pengembangan sistem yang lebih optimal dan sesuai dengan dinamika kebutuhan pengguna.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan tahapan penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1, penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi masalah. Selanjutnya, studi literatur dilakukan guna memperoleh landasan teori terkait penelitian terdahulu yang serupa dengan penelitian yang dilakukan. Tahap berikutnya adalah melakukan pengumpulan data melalui kuesioner SUS kepada pengguna sistem. Data yang diperoleh dari pengumpulan data tersebut kemudian diolah dan dianalisis melalui perhitungan skor SUS. Hasil dari perhitungan tersebut diinterpretasikan berdasarkan kategori skor SUS untuk mengetahui tingkat *usability* sistem. Tahap akhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan dan evaluasi sistem berdasarkan hasil interpretasi yang diperoleh.

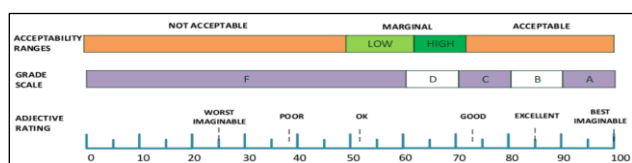
2.2 Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan yakni *usability testing* dengan pendekatan *System Usability Scale* (SUS). Pendekatan SUS digunakan untuk mengukur tingkat *usability* sistem dan kepuasan pengguna terhadap sistem yang digunakan [14]. SUS memiliki peran utama untuk menghasilkan suatu penilaian analisa sistem yang akurat sehingga dapat berguna, efektif dan fungsional [15].

Penelitian dilakukan secara kuantitatif deskriptif dengan menggunakan kuesioner SUS oleh responden sebagai pengguna sistem. Hasil dari pengujian yang telah didapatkan kemudian dianalisis lebih lanjut ke dalam formula perhitungan [15] dengan rumus skor pengujian menggunakan pendekatan SUS sebagai berikut:

$$f = \frac{\sum x}{n}$$

Dari rumus di atas, diketahui bahwa f adalah skor dari rata-rata, $\sum x$ yakni jumlah skor SUS, serta n adalah jumlah dari responden. Hasil akhir dari perhitungan kemudian diinterpretasikan ke dalam skala interpretasi skor SUS dengan rentang nilai 1 – 100 menggunakan ketentuan penilaian pada grafik interpretasi skor SUS [16]. Grafik interpretasi skor *System Usability Scale* (SUS) ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kategori Nilai *Usability* Skor SUS

2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data menggunakan pendekatan SUS dilakukan dengan memberikan 10 buah pertanyaan di mana pertanyaan bernomor ganjil bernilai positif dan pertanyaan bernomor genap bernilai negatif [17]. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan potensi *habitual bias* atau kecenderungan responden untuk memilih jawaban secara monoton tanpa mempertimbangkan setiap pernyataan [18]. Pada pertanyaan positif, skor untuk setiap pertanyaan dihitung dengan cara mengurangi bobot dengan nilai 1 (bobot skala – 1). Sedangkan, untuk pertanyaan negatif, skor untuk masing-masing pertanyaan dihitung dengan cara mengurangi 5 dengan bobot skala tiap pertanyaan (5 – bobot skala) [19]. Pertanyaan tersebut disajikan ke dalam kuesioner elektronik dengan bentuk pertanyaan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 untuk selanjutnya dijawab oleh pengguna dengan menggunakan skala Likert dimulai dari 1 hingga 5 seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Pertanyaan Kuesioner *Usability Testing*

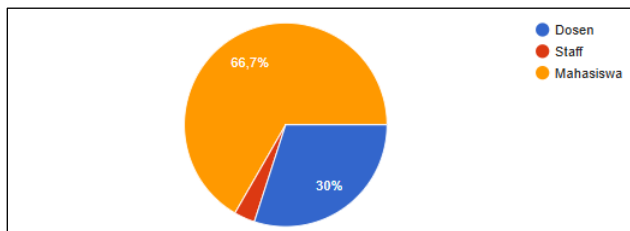
No	Pertanyaan
1	Saya berpikir akan menggunakan sistem ini lagi
2	Saya merasa suatu sistem tidak seharusnya dibuat serumit ini
3	Saya merasa sistem ini mudah untuk digunakan
4	Saya membutuhkan bantuan dari orang teknis untuk menggunakan sistem ini
5	Saya merasa fitur-fitur pada sistem ini berjalan dengan semestinya
6	Saya merasa ada ketidaksesuaian alur atau fitur pada sistem ini
7	Saya merasa kebanyakan orang dapat mempelajari sistem ini dengan mudah dan cepat
8	Saya merasa sistem ini membingungkan
9	Saya merasa tidak ada hambatan dan percaya diri saat menggunakan sistem ini
10	Saya perlu belajar terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini

Tabel 2. Bobot Skala Jawaban

Jawaban	Bobot
“Sangat Tidak Setuju (STS)”	1
“Tidak Setuju (TS)”	2
“Ragu-Ragu (RG)”	3
“Setuju (S)”	4
“Sangat Setuju (SS)”	5

2.4 Deskripsi Responden

Pada penelitian ini, adapun responden terdiri dari 30 pengguna sistem yang akan berpartisipasi dalam pengujian *usability* terhadap sistem. Responden tersebut terbagi dalam beberapa kelompok pengguna dengan peran berbeda, yakni staf admin, dosen dan mahasiswa aktif yang ada di Polman Babel. Adapun berikut rekapan profil status responden.



Gambar 3. Profil Berdasarkan Status Responden

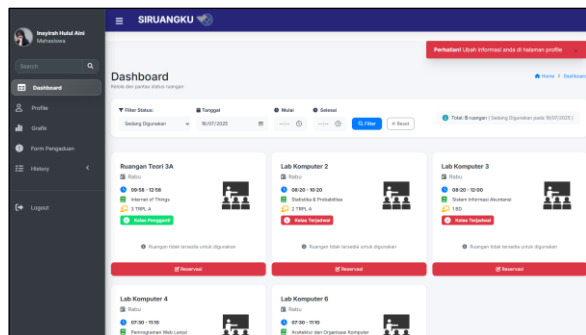
Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa sebanyak 66,7% dari responden berstatus sebagai mahasiswa aktif, yakni sejumlah 20 orang. Selanjutnya, sebanyak 30% responden berstatus sebagai dosen sejumlah 9 orang, serta responden dengan status staf sejumlah 1 orang dengan 3,3%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 SIRUANGKU Polman Babel

Sistem reservasi ruang kelas dan laboratorium Polman Babel (SIRUANGKU Polman Babel) merupakan sistem berbasis web yang digunakan untuk mendukung penyediaan informasi ketersediaan ruang kosong pada kampus secara *real-time*. Selain membantu dalam meningkatkan transparansi informasi penggunaan ruang, sistem ini juga mendukung proses pengajuan reservasi ruang serta pelaporan pengaduan oleh pengguna. Lebih lanjut, sistem ini telah terintegrasi dengan layanan WhatsApp sebagai media penyampaian notifikasi otomatis kepada admin serta pengguna. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan penyampaian informasi terkait reservasi serta tindak lanjut dari laporan pengaduan yang diajukan. Adapun tampilan antarmuka dari fitur-fitur yang dimaksud dapat dilihat pada gambar berikut:

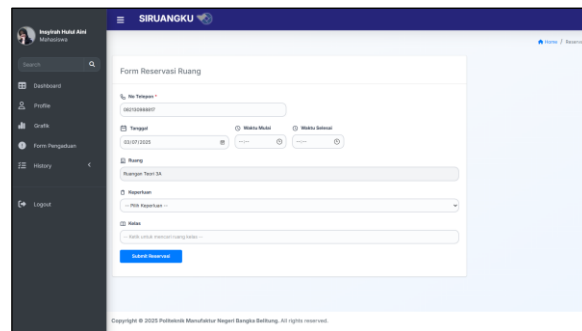
a) Halaman *Dashboard* Informasi Ruang



Gambar 4. Fitur *Dashboard*

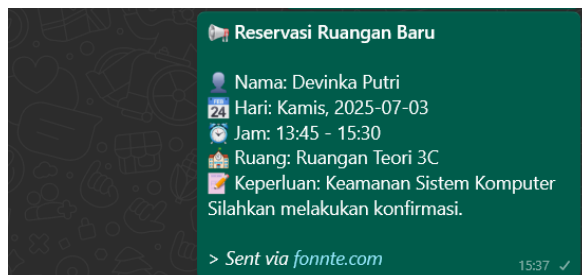
Tampilan halaman sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4 merupakan halaman dari fitur *dashboard* informasi ruang yang menyajikan daftar ruang beserta status penggunaannya. Ruang dengan status “tersedia” dapat langsung diajukan untuk reservasi melalui formulir yang tersedia.

b) Halaman *Form* Reservasi Ruang



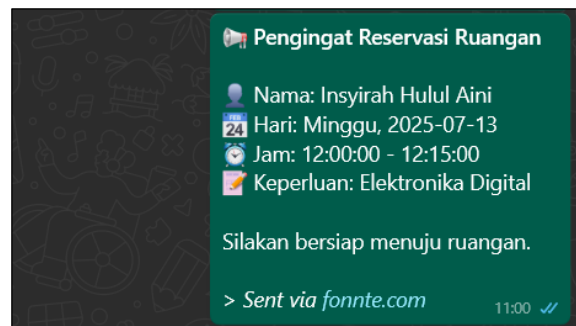
Gambar 5. Fitur Reservasi Ruang

Gambar 5 merupakan tampilan antarmuka untuk halaman formulir reservasi ruang. Pada halaman ini, pengguna dapat mengajukan peminjaman ruang yang diinginkan beserta keperluan dan jadwal penggunaan ruang secara lengkap. Setiap reservasi ruang berhasil dilakukan, sistem akan mengirimkan pemberitahuan reservasi baru kepada admin melalui WhatsApp sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 6.



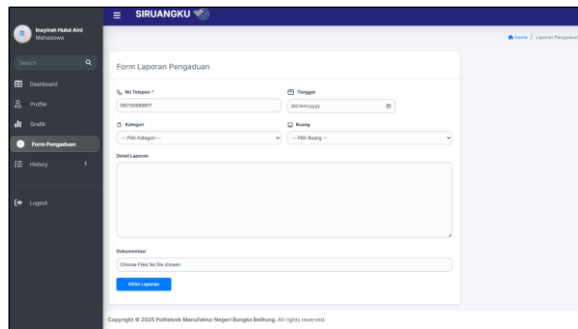
Gambar 6. Pemberitahuan Reservasi Baru

Selain itu, sistem juga akan mengirimkan notifikasi pengingat kepada pengguna 1 jam sebelum ruangan reservasi dapat digunakan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Pemberitahuan Pengingat Reservasi

c) Halaman *Form* Laporan Pengaduan



Gambar 8. Fitur Laporan Pengaduan

Gambar 8 menampilkan antarmuka dari halaman formulir laporan pengaduan. Melalui halaman ini, pengguna dapat mengajukan laporan pengaduan dengan kategori, seperti laporan kehilangan dan laporan kerusakan yang terjadi selama atau setelah penggunaan ruang. Sistem akan mengirimkan pemberitahuan melalui WhatsApp kepada admin, agar admin dapat segera menindaklanjuti laporan tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemberitahuan Laporan Pengaduan Baru

3.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian *System Usability Scale*

Berdasarkan hasil pengujian *usability* terhadap 30 responden yang telah mengisi 10 pertanyaan kuesioner yang diberikan, berikut rekapitulasi jawaban awal yang diperoleh dari para responden.

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Jawaban Awal Responden

No	Skala Jawaban Responden					Responden
	1	2	3	4	5	
P1	0	2	1	3	24	30
P2	13	8	7	1	1	30
P3	0	0	3	7	20	30
P4	15	8	3	2	2	30
P5	0	0	0	6	24	30
P6	19	6	4	1	0	30

No	Skala Jawaban Responden					Responden
	1	2	3	4	5	
P7	0	0	3	7	20	30
P8	18	8	3	0	1	30
P9	0	1	3	6	20	30
10	12	10	3	3	2	30

Berdasarkan hasil pengumpulan data awal yang diperoleh dari responden yang disajikan pada Tabel 3, data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh skor penilaian akhir. Perhitungan skor penilaian akhir untuk pengujian sistem menggunakan pendekatan *System Usability Scale* (SUS) disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Skor Akhir SUS

[illegible]

No	Skor Pertanyaan										Total	Skor SUS (Total × 2,5)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	37	92,5
26	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	39	97,5
27	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	39	97,5
28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40	100
29	4	3	3	3	4	4	4	4	4	2	35	87,5
30	4	2	4	3	4	2	3	3	3	4	32	80
Skor Rata-Rata												82

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa sebanyak 30 responden telah berpartisipasi dalam pengujian *usability* terhadap sistem dan telah mengisi kuesioner pertanyaan yang diberikan. Dari data yang telah diperoleh tersebut, data kemudian diolah menggunakan formula perhitungan dengan pendekatan *System Usability Scale* (SUS) untuk mendapatkan skor rata-rata dari penilaian akhir pengujian. Berdasarkan rekapitulasi skor penilaian akhir yang ditampilkan pada Tabel 4, diperoleh skor rata-rata SUS sebesar 82. Dengan skor yang sebagaimana telah diperoleh, skor tersebut kemudian diinterpretasikan ke dalam kategori *percentile rank* SUS yang mencakup tingkat *acceptability*, nilai huruf atau *grade*, serta penilaian kata sifat atau *adjective rating* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan skor SUS sebesar 82, tingkat *usability* sistem yang diuji berada dalam kategori *excellent* dengan tingkat *acceptability* tinggi. Dengan demikian, sistem dinilai memiliki tingkat *usability* yang sangat baik dan dapat diterima serta digunakan oleh pengguna. Dalam konteks pengembangan, sistem SIRUANGKU Polman Babel dinilai sudah memenuhi harapan serta kebutuhan pengguna dan dapat digunakan secara luas tanpa perubahan yang besar.

3.3 Usulan Pengembangan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun usulan pengembangan yang diperoleh dari evaluasi pengguna adalah sebagai berikut:

- Penyempurnaan tampilan antarmuka sistem agar lebih responsif, khususnya dalam tampilan web dengan mode *device mobile*.
- Pengembangan SIRUANGKU Polman Babel berbasis web ke dalam bentuk aplikasi *mobile* untuk menyesuaikan perkembangan teknologi, kemudahan akses, serta kebutuhan pengguna.
- Penambahan fitur notifikasi WhatsApp otomatis kepada petugas atau CS pada masing-masing gedung sebagai pengingat bahwa ruangan akan digunakan, untuk mendukung kesiapan dan akses ruang.

- Penambahan fitur bukti pengambilan barang dan informasi lokasi titik pengambilan terintegrasi untuk meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan keakuratan informasi.
- Penyusunan panduan pengguna atau alur bisnis sistem yang jelas dan terstruktur, dilengkapi diagram alur sistem, untuk memudahkan pengguna memahami prosedur reservasi ruang dan pengajuan laporan pengaduan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi tingkat *usability* sistem reservasi ruang kelas dan laboratorium berbasis web di Polman Babel dengan nama sistem yakni SIRUANGKU Polman Babel menggunakan pendekatan *System Usability Scale*. Berdasarkan hasil evaluasi *usability* sistem reservasi yang dilakukan dengan menggunakan metode *usability testing* melalui pendekatan *System Usability Scale* (SUS), didapatkan kesimpulan penelitian sebagai berikut:

- Pengujian *usability* dilakukan terhadap sistem reservasi ruang dan kelas yang dikembangkan di Polman Babel. Dari proses pengumpulan data melalui kuesioner elektronik, diperoleh sebanyak 30 responden yang turut berpartisipasi pada kuesioner ini. Responden tersebut terdiri atas 3 kelompok pengguna yang ada di Polman Babel, yaitu mahasiswa aktif sebanyak 30 orang, dosen sebanyak 9 orang, serta staf administrasi sebanyak 1 orang. Pembagian responden ke dalam beberapa kelompok ini bertujuan untuk mendapatkan penilaian yang akurat dan menyeluruh dari berbagai perspektif pengguna.
- Berdasarkan hasil evaluasi dan rekapitulasi skor rata-rata yang diperoleh melalui pendekatan *System Usability Scale* (SUS) terhadap sistem reservasi ruang dan kelas Polman Babel dengan nama SIRUANGKU Polman Babel, didapatkan skor akhir SUS yakni sebesar 82. Skor ini kemudian diinterpretasikan menggunakan grafik interpretasi skor SUS untuk mengukur tingkat penilaian *adjective rating*. Berdasarkan grafik, sistem termasuk ke dalam kategori “*excellent*”. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah mampu berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna, memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang tinggi, serta dapat diterima secara positif oleh pengguna tanpa memerlukan perubahan yang signifikan pada fungsionalitas utamanya.
- Meskipun hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat *usability* yang sangat baik, pengguna tetap memberikan masukan yang bersifat konstruktif untuk penyempurnaan sistem. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, diperoleh lima usulan pengembangan yang dapat dijadikan dasar untuk perbaikan dan pengembangan sistem di masa mendatang. Usulan-

usulan ini penting untuk dipertimbangkan agar sistem tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini tetapi juga adaptif terhadap perubahan kebutuhan pengguna dan perkembangan teknologi ke depan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Ibu Yang Agita Rindri, M. Kom. serta Bapak M. Syafrizal Zain, S. Kom., M. Kom. atas bimbingan dan arahannya selama proses belajar dan penyusunan jurnal, yang telah membantu penulis dalam memahami dan menyelesaikan sistem SIRUANGKU Polman Babel serta penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Abdillah, "Peran Perguruan Tinggi dalam Meningkatkan Kualitas Sumber Daya Manusia di Indonesia," *Educ. J. Multidisiplin*, vol. 1, no. 1, pp. 13–24, 2024, [Online]. Available: <https://j-educa.org/index.php/educazione/article/view/4>
- [2] R. Sahputra, A. Nasrul Hadi, A. Josi, and Y. A. Rindri, "Sistem Absensi Perkuliahan Berbasis Website Di Kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung," *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 26–35, 2025, doi: 10.33504/jitt.v3i1.240.
- [3] E. N. Fajriansyah and A. Voutama, "Rancangan UI/UX Sistem Informasi Peminjaman Ruangan Fasilkom Unsika Menggunakan Metode Waterfall," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 3, pp. 2727–2734, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9551.
- [4] W. S. L. Nasution, "Aplikasi Penunjang Pembelajaran Berbasis TIK dengan Memanfaatkan SEVIMA Edlink di SMPIT Insan Rabbani," *J. Abdidas*, vol. 2, no. 1, pp. 53–58, 2021, doi: 10.31004/abdidias.v2i1.202.
- [5] I. Husna, H. Azkiya, Musalwa, A. Ikhlas, and A. Refdianti, "Perceptions of Arabic Students in Using the Sevima Edlink Application: Empirical Experience from Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang," *J. Pendidik. Agama Islam Al-Thariqah*, vol. 9, no. 1, pp. 50–63, 2024, doi: 10.25299/al-thariqah.2024.vol9(1).16224.
- [6] R. A. Purba, "Hybrid Models with Technology: Is it Effective for Learning in Abnormal Situations?," *J. Educ. Res. Eval.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.23887/jere.v6i1.41546.
- [7] A. Antika and E. Yulianingsih, "Analisa Sistem e-learning Pada Universitas PGRI Palembang Dengan Metode System Usability Scale (SUS)," *Smatika J.*, vol. 13, no. 01, pp. 53–61, 2023, doi: 10.32664/smatika.v13i01.721.
- [8] N. Fahmitra and H. Kusuma, "Evaluasi Aspek Usabilitas pada Sistem Informasi Manajemen Puskesmas Menggunakan Pendekatan Heuristik," *Jural Ris. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. 79–87, 2025, doi: 10.55606/jurritek.v4i2.5522.
- [9] N. Asnawi, R. Pamungkas, and D. G. Prasetyo, "Analisis Usability Website Program Studi Sistem Informasi Unipma Menggunakan Metode System Usability Scale," *Fountain Informatics J.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–25, 2023, doi: 10.21111/fij.v8i1.9408.
- [10] M. T. Abdillah, I. Kurniastuti, F. A. Susanto, and F. Yudianto, "Implementasi Black Box Testing dan Usability Testing pada Website Sekolah MI Miftahul Ulum Warugunung Surabaya," *J. Comput. Sci. Vis. Commun. Des.*, vol. 8, no. 1, pp. 234–242, 2023, doi: 10.55732/jikdiskomvis.v8i1.897.
- [11] M. Prabowo and A. Suprpto, "Usability Testing pada Sistem Informasi Akademik IAIN Salatiga Menggunakan Metode System Usability Scale," *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 6, no. 1, pp. 38–49, 2021, doi: 10.14421/jiska.2021.61-05.
- [12] J. Manajemen, S. Informasi, A. L. Dyayu, and H. Yani, "Evaluasi Usability Aplikasi PeduliLindungi Menggunakan Metode Usability Testing dan System Usability Scale (SUS)," vol. 3, pp. 395–404, 2023, doi: 10.33998/jms.2023.3.1.720.
- [13] W. Ariannor, D. R. Safitri, and R. Rahmi, "Analisis Usability Sistem Permohonan Legalisir Menggunakan Metode System Usability Scale," *Jutisi J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 12, no. 2, p. 415, 2023, doi: 10.35889/jutisi.v12i2.1122.
- [14] N. Huda, F. Habrizons, A. Satriawan, M. Iranda, and T. Pramuda, "Analisis Usability Testing Menggunakan Metode SUS (System Usability Scale) Terhadap Kepuasan Pengguna Aplikasi Shopee," *Simkom*, vol. 8, no. 2, pp. 208–220, 2023, doi: 10.51717/simkom.v8i2.158.
- [15] M. Hikari, N. Suarna, and O. Nurdiawan, "Sistem Informasi Reservasi Kamar Hotel Snukel Menggunakan Metode Analisis System Usability Scale," *J. Account. Inf. Syst.*, vol. 6, no. 1, pp. 30–38, 2023, doi: 10.32627/aims.v6i1.700.
- [16] I. M. Herawati and D. Azahra, "Evaluasi Usability Website Jasuda.Net Menggunakan System Usability Scale (SUS)," *JIPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 9, no. 2, pp. 994–1000, 2024, doi: 10.29100/jipi.v9i2.4328.
- [17] S. N. Umam, R. Bagus, B. Sumantri, and R. Agus, "Usability Testing Pada PUSADBOT Menggunakan Black-Box dan System Usability Scale (SUS)," *Pros. SENAPAS*, vol. 1, no. 1, pp. 156–162, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.uaajy.ac.id/index.php/SENAPAS/article/view/7375>
- [18] M. F. Mohamad Marzuki, N. A. Yaacob, and N. M.

Yaacob, "Translation, cross-cultural adaptation, and validation of the Malay version of the system usability scale questionnaire for the assessment of mobile apps," *JMIR Hum. Factors*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2018, doi: 10.2196/10308.

[19] J. R. Lewis Senior HF Engineer and J. Sauro, "Revisiting the Factor Structure of the System Usability Scale," *J. Usability Stud.*, vol. 12, no. 4, pp. 183–192, 2017, [Online]. Available: <https://uxpajournal.org/revisit-factor-structure-system-usability-scale/>



PENGEMBANGAN MODUL KERJA PRAKTIK DAN DISPOSISI BERBASIS WEB PADA PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY

Vina Septia Anggraeni¹, Yopi Nugraha²

^{1,2} Sistem Informasi, Institut Pendidikan Indonesia
 Garut, Jawa Barat, Indonesia 44151
vinaseptiaanggraeni91@gmail.com, yopi@institutpendidikan.ac.id

Abstract

The management processes for internship activities and document disposition at PT Pertamina Geothermal Energy (PGE) are still carried out manually, leading to inefficiencies in document validation and tracking. This study focuses on the development of SIGAP PGE, a web-based information system that integrates internship modules and document disposition features to support the digitalization of internal administrative workflows. The system was developed using the Waterfall method, which includes the stages of requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. The system was built using the CodeIgniter 4 framework, a MySQL database normalized up to the Third Normal Form (3NF), and employs Role-based access control to ensure data security. Based on Black Box Testing, all system functionalities operated as specified. Additionally, the ID Card validation process demonstrated a 62% improvement in efficiency compared to the previous manual procedure. Key features of the system include internship participant data management, four-level hierarchical validation, automated notifications, and real-time digital document disposition. The implementation of SIGAP PGE has enhanced efficiency, transparency, and administrative accountability within PGE. Therefore, this study concludes that a web-based integrated system significantly accelerates document validation and disposition processes in a structured corporate environment, while offering further development potential through RESTful API integration.

Keywords: CodeIgniter 4, Document Disposition, Internship, Information System, Waterfall

Abstrak

Proses pengelolaan kerja praktik dan disposisi dokumen di PT Pertamina Geothermal Energy (PGE) masih dilakukan secara manual sehingga menyebabkan validasi serta pelacakan dokumen yang tidak efisien. Penelitian ini berfokus pada pengembangan SIGAP PGE, yaitu sistem informasi berbasis web yang mengintegrasikan modul kerja praktik dan disposisi dokumen untuk mendukung digitalisasi administrasi internal. Pengembangan sistem menggunakan metode *Waterfall* melalui tahap analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Sistem dibangun dengan *framework* CodeIgniter 4, basis data MySQL yang dinormalisasi hingga *Third Normal Form* (3NF), serta menerapkan *Role-based access control* untuk menjaga keamanan data. Berdasarkan pengujian *Black Box*, seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi. Selain itu, proses validasi *ID Card* menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 62% dibandingkan prosedur manual. Fitur utama meliputi pengelolaan data peserta kerja praktik, validasi empat tahap berjenjang, notifikasi otomatis, dan disposisi dokumen digital secara *real-time*. Implementasi SIGAP PGE terbukti meningkatkan efisiensi, transparansi, dan akuntabilitas administrasi di lingkungan PGE. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem terintegrasi berbasis web secara signifikan mempercepat proses validasi dan disposisi dokumen dalam lingkungan perusahaan yang terstruktur, sekaligus memiliki potensi pengembangan lanjutan melalui integrasi RESTful API.

Kata kunci: CodeIgniter 4, Disposisi Dokumen, Kerja Praktik, Sistem Informasi, *Waterfall*

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan industri terkini, penggunaan teknologi digital, proses otomatis, serta pertukaran data berskala besar menjadi ciri utama di banyak sektor bisnis. Kondisi tersebut mendorong organisasi untuk bertransformasi secara digital

agar dapat meningkatkan efisiensi operasional, produktivitas, serta daya saing di tengah perubahan lingkungan industri yang semakin cepat [1]. Teknologi berbasis web menjadi salah satu fondasi penting dalam transformasi tersebut, khususnya dalam mendukung

pengelolaan sumber daya manusia (SDM) dan sistem administrasi dokumen yang terintegrasi.

Salah satu aspek penting dalam manajemen SDM di lingkungan perusahaan adalah pengelolaan program kerja praktik atau magang. Program ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana pembelajaran dan pengembangan kompetensi mahasiswa sebelum memasuki dunia kerja, tetapi juga menjadi media strategis bagi perusahaan dalam mengidentifikasi dan menilai calon tenaga kerja potensial [2]. Meskipun demikian, pelaksanaan administrasi kerja praktik di banyak instansi masih bersifat manual, yang biasanya dilakukan melalui surat elektronik dan berkas fisik. Kondisi ini berpotensi menimbulkan berbagai kendala seperti inefisiensi proses, risiko kehilangan data, keterlambatan validasi, serta minimnya transparansi dalam pemantauan status pengajuan [3]. Oleh karena itu, digitalisasi proses kerja praktik serta administrasi dokumen merupakan strategi penting dalam mewujudkan tata kelola perusahaan yang efisien, cepat, dan transparan.

Sebagai anak perusahaan PT Pertamina (Persero), PT Pertamina Geothermal Energy (PGE) memegang peranan penting dalam eksplorasi dan pengembangan energi panas bumi di Indonesia. Perusahaan ini merupakan salah satu unit di bawah struktur *Holding Pertamina New & Renewable Energy (NRE)*. PGE berkomitmen untuk menerapkan praktik bisnis berkelanjutan sekaligus mendukung transisi energi nasional. Dengan cakupan operasional yang luas dan kompleksitas proses administrasi yang tinggi, PGE memerlukan sistem manajemen informasi yang terintegrasi untuk menunjang efisiensi dan keakuratan pengelolaan data.

Berdasarkan hasil pengamatan awal terhadap sistem informasi *Human Capital* di PGE, diketahui bahwa pengelolaan program kerja praktik masih menghadapi sejumlah kendala, khususnya terkait alur validasi dan proses penerbitan kartu identitas peserta. Mekanisme validasi saat ini menuntut empat tahap persetujuan internal yang dilakukan secara berurutan, meliputi Admin *Human Capital*, *Manager Business Support*, HSSE, dan *Security*. Setiap tahapan memerlukan verifikasi manual melalui komunikasi antar-pengguna serta pemanfaatan dokumen terpisah.

Kondisi tersebut menyebabkan proses administrasi menjadi lambat, sulit dipantau, tidak menghasilkan notifikasi otomatis, dan berpotensi menimbulkan inkonsistensi data. Selain itu, proses disposisi dokumen internal masih dilakukan secara konvensional, sehingga menyulitkan pelacakan status dokumen, distribusi, dan pencatatan waktu penerimaan. Penundaan validasi maupun risiko hilangnya dokumen dapat berdampak langsung terhadap keterlambatan pelaksanaan program kerja praktik serta menurunkan efektivitas kinerja unit terkait.

Guna mengatasi permasalahan yang ada, diperlukan sistem informasi berbasis web yang dapat menggabungkan proses kerja praktik dan disposisi dokumen ke dalam satu platform

terintegrasi. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, serta transparansi proses administrasi di lingkungan PT Pertamina Geothermal Energy. Dengan mempertimbangkan kebijakan serta prosedur operasional di lingkungan PGE, penelitian ini mengusulkan SIGAP PGE (Sistem Informasi *Geothermal* untuk Administrasi Praktik) sebagai sistem digital terintegrasi yang menyatukan modul kerja praktik dan proses disposisi dokumen internal.

Penelitian ini dirancang dengan batasan yang jelas agar pengembangan sistem tetap fokus dan sesuai kebutuhan organisasi. Ruang lingkup sistem dibatasi pada pengelolaan proses kerja praktik dan disposisi dokumen yang terhubung dengan modul arsip internal, meliputi data pekerja, mitra, sertifikasi, surat, dan laporan bulanan. Integrasi dilakukan untuk memastikan keselarasan data serta kemudahan pelacakan dokumen dan status validasi. Sistem ini tidak mencakup integrasi langsung dengan sistem eksternal milik PT Pertamina (Persero) maupun platform SDM lainnya, namun disiapkan agar dapat dikembangkan lebih lanjut melalui antarmuka RESTful API.

Alur validasi kerja praktik pada sistem SIGAP PGE dibatasi pada empat tahap persetujuan internal, yaitu oleh Admin *Human Capital*, *Manager Business Support*, HSSE, dan *Security*, hingga tahap penerbitan kartu identitas peserta kerja praktik. Modul disposisi berfungsi untuk mengelola distribusi serta persetujuan dokumen secara elektronik, mencakup pencatatan waktu, status, dan pihak penerima dokumen. Implementasi sistem pada tahap ini difokuskan untuk kebutuhan internal di lingkungan PT Pertamina Geothermal Energy dan hanya dapat diakses melalui jaringan internet perusahaan. Pengembangan awal belum mencakup versi *mobile*. Proses pengujian dilakukan menggunakan pendekatan *Black Box Testing*, dengan fokus pada verifikasi fungsionalitas utama aplikasi. Dengan demikian, pengujian terkait performa sistem, mekanisme keamanan tingkat lanjut, dan kompatibilitas lintas platform belum termasuk dalam ruang lingkup pengujian pada tahap ini.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem informasi untuk mendukung kegiatan magang dan disposisi dokumen, namun analisis terhadap literatur mutakhir menunjukkan masih adanya celah (*gap*) dalam konteks kebutuhan spesifik PT Pertamina Geothermal Energy (PGE). Kajian pustaka mengungkap dua arus penelitian utama: sistem informasi magang dan sistem disposisi digital. Meskipun memberikan landasan teknis, masing-masing memiliki keterbatasan metodologis dan kontekstual yang belum menjawab kompleksitas alur kerja terintegrasi di perusahaan BUMN energi seperti PGE.

Nugroho mengembangkan sistem informasi magang berbasis web dengan *framework* Laravel dan basis data MySQL menggunakan metode *Waterfall* [4]. Sistem ini berfokus pada pendaftaran dan monitoring, namun secara struktural tidak mengadopsi *multi-level approval*

workflow yang dapat dikonfigurasi, serta minim fitur pelacakan status *real-time*. Hal ini kurang sesuai dengan kebutuhan PGE yang memerlukan hierarki validasi yang rigid dan transparansi proses. Di sisi lain, penelitian oleh Sari & Pratama membangun sistem monitoring magang berbasis CodeIgniter 3 dengan fitur *logbook* digital dan penilaian kegiatan. Namun, penelitian ini belum mengakomodasi aspek keamanan data yang komprehensif dan mekanisme validasi *ID Card* lintas departemen, yang merupakan kebutuhan kritis dalam lingkungan perusahaan dengan akses terbatas dan persyaratan keselamatan kerja (HSSE) [5]. Adapun penelitian oleh Rohmawati dan Yulianingsih mengkaji pengembangan Sistem Informasi E-Disposisi Surat berbasis web di lingkungan Kantor Camat Tungal Jaya, Musi Banyuasin, yang dirancang untuk mengotomatisasi alur pendisposisian dokumen dan mendukung pelacakan elektronik dalam proses administrasi pemerintahan tingkat kecamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan e-disposisi berbasis web membantu mempercepat proses administrasi, memudahkan monitoring surat masuk dan keluar, serta meningkatkan keterlacakan disposisi dibandingkan mekanisme manual sebelumnya. Namun, seperti konteks pemerintahan lokal, penelitian tersebut belum mengintegrasikan sistem disposisi dengan modul manajemen kerja praktik atau sumber daya manusia yang spesifik untuk kebutuhan operasional perusahaan BUMN, sehingga masih terdapat celah kontribusi teknologi yang perlu diisi oleh penelitian ini [6].

Penelitian oleh Gupta & Sharma mengusulkan kerangka kerja Digital HR *Ecosystem* yang mengintegrasikan rekrutmen, pelatihan, dan administrasi dokumen dalam platform tunggal, yang terbukti mengurangi *processing time* hingga 45% pada perusahaan jasa energi multinasional [7]. Temuan ini menguatkan argumen bahwa integrasi modul mempercepat alur kerja. Selain itu, Lee *et al.* mengevaluasi penerapan *Low-Code Development Platform* untuk otomatisasi *workflow* administrasi di sektor publik, menyoroti keunggulan dalam fleksibilitas konfigurasi alur persetujuan berjenjang [8]. Namun, penelitian-penelitian mutakhir tersebut belum secara khusus menyajikan implementasi dan evaluasi sistem yang menggabungkan *internship management* dan *document disposition* dalam satu arsitektur terpadu untuk perusahaan energi nasional dengan karakteristik operasional dan keamanan siber (*cybersecurity*) yang unik.

Berdasarkan analisis kritis terhadap literatur, dapat diidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian (*research gaps*) yang melandasi pengembangan SIGAP PGE secara akademis. Secara fungsional, belum terdapat model sistem yang terintegrasi penuh antara modul pengelolaan kerja praktik dengan modul disposisi dokumen internal dalam suatu platform tunggal. Kondisi ini berpotensi memunculkan data silo dan mengurangi efisiensi alur kerja administratif. Dari aspek kontekstual, kajian terdahulu masih terfragmentasi antara penelitian sistem disposisi digital yang banyak berorientasi pada birokrasi pemerintah

dengan penelitian sistem magang yang umumnya berkonteks akademik. Celah ini menunjukkan belum adanya pendekatan sistematis yang dirancang khusus untuk lingkungan perusahaan BUMN energi dengan karakteristik struktur persetujuan berjenjang (*four-level approval*), budaya organisasi yang unik, serta kebutuhan kepatuhan (*compliance*) yang spesifik. Pada dimensi teknologi dan keamanan, implementasi kontrol akses berbasis peran (*Role-Based Access Control*) dan notifikasi *real-time* dalam penelitian serupa masih bersifat fundamental. Belum ada studi yang menguji penerapan RBAC dinamis yang dikombinasikan dengan mekanisme enkripsi data sensitif serta pelacakan audit (*audit trail*) yang komprehensif untuk proses validasi kartu identitas dalam skema lintas departemen.

Terakhir, dari sisi metodologi pengembangan, meskipun metode *Waterfall* dan *framework* CodeIgniter telah umum digunakan, belum ditemukan dokumentasi penerapannya dalam membangun sistem terintegrasi dengan kompleksitas aturan bisnis (*business rules*) setinggi PGE, yang disertai dengan pengukuran empiris kuantitatif atas peningkatan efisiensi seperti persentase reduksi waktu proses sebagai bagian dari evaluasi hasil.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, pengembangan SIGAP PGE diterapkan menggunakan metode *Waterfall* karena kebutuhan sistem telah ditetapkan secara jelas dan proses pengembangannya memerlukan pendekatan yang terstruktur serta terdokumentasi dengan baik [9], [10]. Alur pengembangan mencakup tahap analisis kebutuhan (*requirements analysis*), perancangan sistem (*system design*), implementasi, pengujian (*testing*), hingga pemeliharaan (*maintenance*) sebagaimana diuraikan dalam metodologi *Waterfall* pada berbagai penelitian sistem informasi berbasis web [9], [11].

Dari sisi teknis, sistem dibangun menggunakan CodeIgniter 4 yang mendukung arsitektur *Model-View-Controller (MVC)* sehingga pemisahan antara logika bisnis, tampilan pengguna, dan pengelolaan data dapat dilakukan dengan optimal [9], [12]. Implementasi memanfaatkan bahasa pemrograman PHP, HTML5, Bootstrap 5, JavaScript, dan jQuery pada bagian *frontend*, serta MySQL sebagai sistem basis datanya, yang merupakan kombinasi teknologi umum dan efektif dalam pengembangan aplikasi berbasis web menurut beberapa studi serupa [10], [11].

2. METODE PENELITIAN

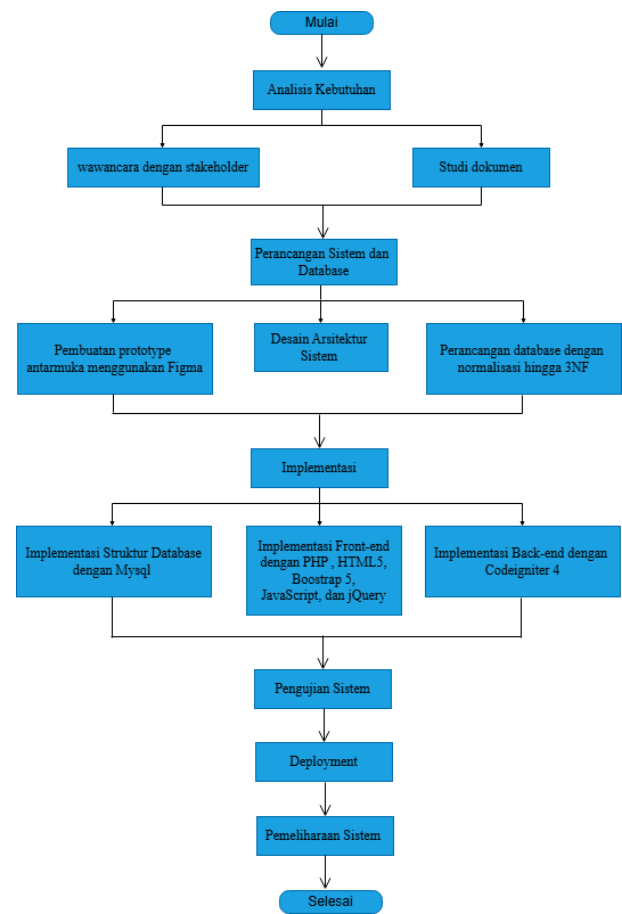
Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan *Research and Development (R&D)* yang berfokus pada pengembangan sistem informasi berbasis web untuk mendukung proses kerja praktik dan disposisi dokumen di PT PGE. Tujuan utama penelitian ini adalah menghasilkan sebuah sistem yang mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan ketertiban administrasi sesuai dengan kebutuhan organisasi. Oleh karena itu, pendekatan penelitian yang digunakan lebih menekankan pada analisis

kebutuhan sistem, perancangan, implementasi, serta evaluasi fungsional sistem, bukan pada analisis data kuantitatif atau statistik.

Metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Waterfall*. Metode ini dipilih karena memiliki tahapan yang terstruktur, sistematis, berurutan, dan mudah dikendalikan pada setiap fase pengembangan [13], [14]. Kebutuhan sistem kerja praktik dan disposisi dokumen di PT PGE telah terdefinisi secara jelas melalui Standar Operasional Prosedur (SOP), pedoman operasional, serta alur administrasi yang berlaku, sehingga pendekatan *Waterfall* menjadi pilihan yang tepat. Dengan karakteristik kebutuhan yang stabil dan tidak memerlukan perubahan signifikan selama proses pengembangan, metode ini memungkinkan setiap tahap diselesaikan secara sistematis sebelum berlanjut ke tahap berikutnya [13]. Tahapan penelitian dalam pengembangan sistem ini dilakukan berdasarkan model *Waterfall*, yang terdiri dari beberapa fase utama sebagai berikut:

- Analisis kebutuhan, tahap analisis kebutuhan dilakukan sebagai bagian dari analisis data dalam konteks rekayasa perangkat lunak, yang dimaknai sebagai proses identifikasi dan pemahaman kebutuhan sistem. Kegiatan pada tahap ini meliputi wawancara dengan pihak *Human Capital*, Admin Unit, dan *Security*, selanjutnya observasi terhadap alur kerja praktik serta proses disposisi dokumen yang berjalan, dan yang terakhir telaah terhadap SOP dan kebijakan perusahaan yang berlaku. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem, khususnya terkait proses validasi peserta kerja praktik, penerbitan kartu identitas, serta alur disposisi dokumen internal [13].
- Perancangan sistem dan basis data, dilakukan dengan menerapkan prinsip normalisasi untuk menjaga konsistensi, mengurangi redundansi, serta meningkatkan integritas data dalam sistem. Tahap ini mengacu pada kaidah perancangan basis data yang umum digunakan dalam pengembangan Sistem Informasi, sebagaimana dijelaskan pada penelitian Nazih & Imaduddin, bahwa proses perancangan data harus mengikuti aturan normalisasi agar struktur data tetap efisien dan terjaga integritasnya [14].
- Implementasi sistem, menggunakan *framework* CodeIgniter 4 pada sisi *server* serta HTML5, Bootstrap 5, dan JavaScript pada sisi klien untuk membangun antarmuka pengguna yang responsif dan mudah digunakan [15].
- Pengujian sistem, dilakukan dengan metode *Black Box Testing* untuk memastikan bahwa seluruh fungsi berjalan sesuai spesifikasi dan bebas dari kesalahan logika [16].
- Deployment* dan pemeliharaan, dilakukan dengan melakukan instalasi sistem pada lingkungan operasional serta *monitoring* dan perbaikan secara berkala untuk menjaga stabilitas dan performa aplikasi [17].

Alur pelaksanaan penelitian ini digambarkan secara visual dalam Diagram Alir Penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1. Diagram tersebut memberikan gambaran menyeluruh mengenai urutan tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari analisis kebutuhan hingga tahap pemeliharaan sistem, sehingga memudahkan pembaca memahami alur logis pengembangan aplikasi secara sistematis sesuai model *Waterfall*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada Gambar di atas menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengembangan modul kerja praktik dan disposisi menggunakan metodologi *Waterfall*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi serta analisis terhadap sistem SIGAP PGE yang dikembangkan untuk mendukung pengelolaan kerja praktik dan disposisi dokumen di PT Pertamina Geothermal Energy. Penyajian hasil disusun secara sistematis mengikuti tahapan pengembangan sistem, sehingga alur pembahasan dapat

mencerminkan proses evolusi sistem dari tahap perumusan kebutuhan hingga evaluasi kinerja.

Dengan memaparkan hasil secara berurutan sesuai tahapan pengembangan, diharapkan pembaca dapat memahami evolusi sistem dari fase konsep hingga menjadi produk fungsional yang siap dioperasikan. Selain itu, pembahasan pada setiap bagian akan mengkaji implikasi dari temuan yang diperoleh, keterkaitannya dengan tujuan penelitian, serta kontribusinya dalam menjawab permasalahan yang diidentifikasi pada latar belakang.

3.1 Hasil Analisis Kebutuhan

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa proses administrasi kerja praktik di PT Pertamina Geothermal Energy (PGE) merupakan proses yang kompleks dan melibatkan beberapa unit kerja dengan peran serta kewenangan yang berbeda. Proses tersebut bersifat berjenjang dan saling bergantung, sehingga menuntut adanya koordinasi yang terstruktur, transparansi status, serta pengelolaan dokumen yang akuntabel.

Berdasarkan hasil observasi proses bisnis dan studi terhadap dokumen internal perusahaan, teridentifikasi lima peran utama yang terlibat secara langsung dalam proses administrasi kerja praktik, yaitu Admin *Human Capital*, *Manager Business Support*, HSSE, *Security*, dan Mahasiswa. Setiap peran memiliki tanggung jawab yang spesifik pada tahapan tertentu, sehingga sistem yang dibutuhkan harus mampu merepresentasikan struktur kewenangan tersebut secara jelas melalui mekanisme kontrol akses yang terdefinisi.

Temuan utama dari tahap analisis ini adalah kebutuhan akan sistem yang mampu mengotomasi alur validasi secara berjenjang sesuai dengan struktur organisasi yang berlaku. Otomatisasi ini diperlukan untuk meminimalkan ketergantungan pada proses manual yang berpotensi menimbulkan keterlambatan, inkonsistensi data, serta kesulitan dalam penelusuran riwayat persetujuan. Selain itu, transparansi status pengajuan menjadi kebutuhan penting agar seluruh pihak dapat memantau progres administrasi secara real-time tanpa harus melakukan konfirmasi secara langsung.

Analisis juga menunjukkan bahwa pengelolaan dokumen merupakan aspek kritis dalam proses kerja praktik. Oleh karena itu, sistem diharapkan mampu menyediakan mekanisme pengelolaan dokumen digital yang terpusat, aman, dan mudah diakses sesuai dengan kewenangan masing-masing pengguna. Dukungan terhadap notifikasi otomatis atas perubahan status pengajuan juga menjadi kebutuhan penting untuk meningkatkan efektivitas komunikasi antar unit kerja.

Seluruh kebutuhan yang teridentifikasi kemudian diformalkan ke dalam dokumen *Software Requirements Specification* (SRS) sebagai acuan utama dalam

pengembangan sistem. Penyusunan SRS pada tahap awal ini berperan strategis dalam menjamin kesesuaian antara kebutuhan bisnis dan sistem yang dikembangkan, sekaligus meminimalkan risiko terjadinya perubahan kebutuhan pada tahap implementasi.

Secara keseluruhan, hasil analisis menghasilkan sembilan kebutuhan fungsional dan empat kebutuhan non-fungsional. Kebutuhan fungsional merepresentasikan dukungan sistem terhadap proses bisnis inti administrasi kerja praktik, sedangkan kebutuhan non-fungsional mencerminkan tuntutan terhadap kualitas sistem, khususnya pada aspek keamanan, kinerja, dan ketersediaan layanan

a) *Functional Requirements*

Berdasarkan pemetaan alur bisnis, teridentifikasi sembilan kebutuhan fungsional (*functional requirements*) inti yang menjamin sistem dapat mendukung proses administrasi secara efektif dan terdokumentasi. Kebutuhan-kebutuhan ini, seperti yang dirinci pada Tabel 1.

Tabel 1. *Functional Requirements* Sistem

No	ID	Deskripsi
1	FR-01	Sistem menyediakan mekanisme registrasi dan autentikasi yang aman bagi lima peran pengguna (Admin HC, <i>Manager Business Support</i> , HSSE, <i>Security</i> , dan Mahasiswa) dengan hak akses berbeda.
2	FR-02	Sistem menerapkan <i>Role-based access control (RBAC)</i> untuk membatasi akses modul sesuai dengan otoritas masing-masing pengguna.
3	FR-03	Sistem menyediakan antarmuka <i>input</i> data mahasiswa dengan validasi otomatis terhadap kelengkapan informasi.
4	FR-04	Sistem mengimplementasikan alur validasi empat tahap secara berurutan: Admin HC - <i>Manager Business Support</i> - HSSE - <i>Security</i> .
5	FR-05	Sistem mendukung fitur unggah dokumen dalam format PDF, JPG, atau PNG dengan ukuran maksimal 2 MB per berkas.
6	FR-06	Sistem menampilkan <i>dashboard</i> untuk memantau progres validasi secara <i>real-time</i> bagi seluruh peran pengguna.
7	FR-07	Sistem mengirimkan notifikasi otomatis melalui email setiap kali terjadi perubahan status validasi.
8	FR-08	Sistem menyediakan mekanisme <i>input</i> dan distribusi dokumen ke beberapa <i>approver</i> (modul disposisi).
9	FR-09	Sistem mencatat seluruh riwayat persetujuan dengan <i>timestamp</i> dan <i>digital signature</i> , serta menyediakan kolom komentar antar fungsi terkait.

b) *Non Functional Requirements*

Non functional requirements menjelaskan karakteristik kualitas sistem yang harus dipenuhi agar sistem dapat beroperasi dengan aman, cepat, dan andal. Rincian kebutuhan non-fungsional dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Non Functional Requirements*

No	ID	Deskripsi
1	NFR-01	Sistem wajib mengenkripsi data sensitif menggunakan algoritma AES-256 dan menerapkan protokol HTTPS untuk seluruh komunikasi data.
2	NFR-02	Sistem harus mencegah serangan <i>brute-force</i> dengan mengunci akun pengguna setelah lima kali percobaan <i>login</i> gagal.
3	NFR-03	Sistem harus memiliki <i>response time</i> maksimal 2 detik untuk 95% transaksi dengan 100 <i>user</i> bersamaan.
4	NFR-04	Sistem harus mencapai <i>availability</i> 99.5% selama jam operasional (06.00-18.00 WIB).

c) Prioritas Kebutuhan Sistem

Prioritas kebutuhan kemudian ditetapkan menggunakan metode MoSCoW. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh kebutuhan *Must Have* (seperti FR-01, FR-02, FR-04, NFR-01, NFR-02) secara langsung membangun fondasi sistem yang aman dan fungsional, sesuai dengan tujuan utama penelitian untuk mengotomasi alur validasi berjenjang. Kebutuhan *Should Have* dan *Could Have* berperan sebagai peningkat efektivitas dan nilai tambah, sementara *Won't Have* disisihkan untuk fasa pengembangan selanjutnya. Prioritisasi ini memastikan fokus pengembangan pada fitur yang paling kritis bagi keberhasilan sistem.

3.2 Hasil Perancangan Sistem dan Basis Data

Berdasarkan analisis kebutuhan, dirancanglah arsitektur sistem, alur kerja, antarmuka, dan basis data yang terintegrasi untuk mendukung proses administrasi kerja praktik di PT Pertamina Geothermal Energy (PGE). Hasil perancangan menghasilkan sebuah blueprint sistem yang komprehensif dengan karakteristik sebagai berikut:

a) Arsitektur Sistem Terintegrasi

Rancangan arsitektur menggunakan pola tiga lapis (*three-tier*) yang secara efektif memisahkan tanggung jawab teknis. Pemilihan arsitektur ini menghasilkan beberapa keunggulan desain:

1) Lapisan Basis Data (*Data Tier*)

Struktur basis data yang dinormalisasi hingga bentuk ketiga (3NF) berhasil meminimalkan redundansi dan anomali data. Empat tabel utama yang saling terhubung (*tbl_users*, *tbl_kerja_praktik*, *tbl_disposisi*, *tbl_disposisi_log*) membentuk fondasi penyimpanan yang konsisten dan dapat dilacak (*traceable*) untuk seluruh proses validasi dan disposisi.

2) Lapisan Aplikasi (*Application Tier*)

Penerapan pola *Model-View-Controller* (MVC) menghasilkan organisasi kode yang terstruktur, di mana logika alur bisnis validasi empat tahap dapat dikelola secara terpusat dan terisolasi dari antarmuka pengguna. Ini memudahkan pemeliharaan dan pengembangan modul di masa depan.

3) Lapisan Presentasi (*Presentation Tier*)

Dihasilkan antarmuka yang spesifik peran (Admin HC, *Manager*, HSSE, *Security*, Mahasiswa) yang secara signifikan mengurangi kompleksitas tampilan bagi setiap pengguna, sehingga mereka hanya berinteraksi dengan informasi dan fungsi yang relevan.

Sintesis ketiga lapisan tersebut menghasilkan sebuah sistem yang tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional, tetapi juga memenuhi aspek non-fungsional kritis seperti skalabilitas, keamanan, dan kemampuan audit. Arsitektur ini menjadi *enabler* bagi proses administrasi yang terintegrasi dan efisien.

b) Desain Antarmuka Pengguna (UI/UX)

Desain antarmuka pengguna dirancang dengan *prinsip user-centered design* untuk memastikan pengalaman pengguna yang optimal di setiap peran (*role*). Desain dibuat menggunakan Figma sebelum diimplementasikan pada sistem.

Komponen utama antarmuka:

- 1) Halaman *Login* dan Registrasi, menyediakan autentikasi berbasis email dan *password* dengan validasi *input* yang ketat.
- 2) *Dashboard* Mahasiswa, menampilkan status validasi, *form* pengunggahan dokumen, dan riwayat pengajuan.
- 3) *Dashboard* Admin HC, menyediakan fitur pengelolaan data mahasiswa, dokumen, dan progres validasi.
- 4) *Dashboard Manager Business Support*, HSSE, dan *Security*, menyajikan daftar pengajuan yang menunggu persetujuan serta kolom catatan untuk memberi komentar atau menolak dokumen.
- 5) Halaman Disposisi Dokumen, berfungsi untuk memberikan catatan antar-fungsi dan melakukan persetujuan bertahap.

Warna utama yang digunakan adalah biru untuk kesan profesional, dengan aksen abu muda agar antarmuka tetap bersih dan mudah dibaca. Navigasi dibuat

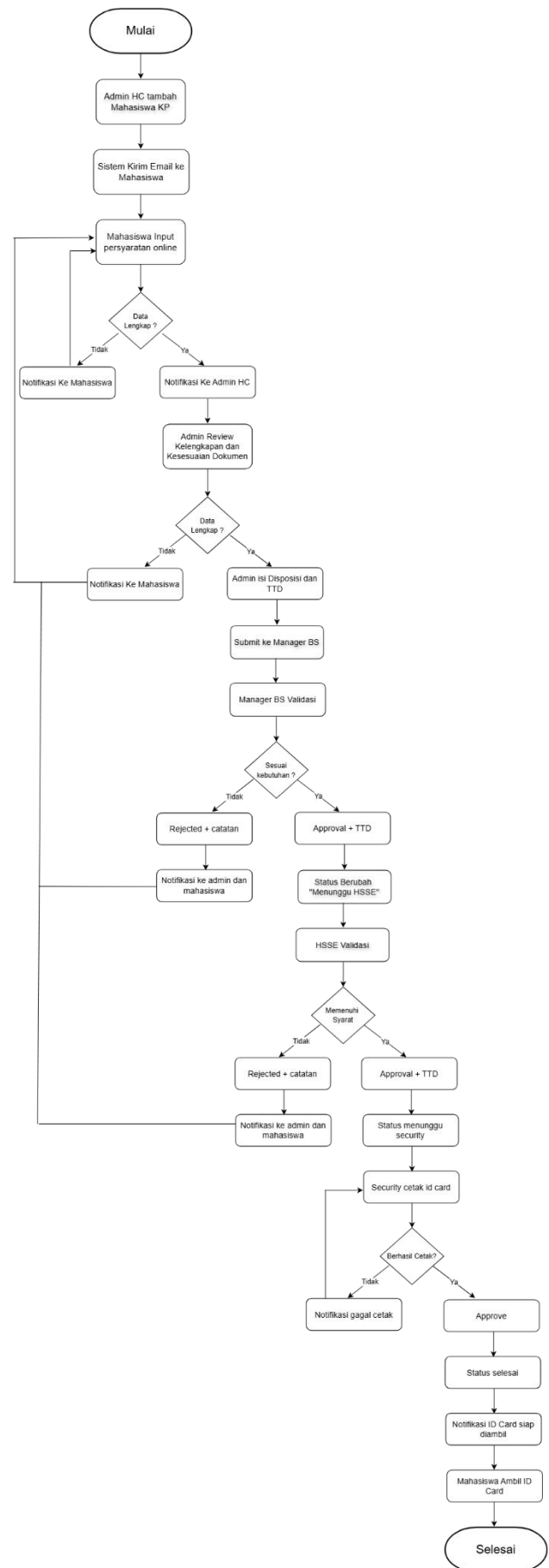
sederhana menggunakan *side bar* dan tombol aksi yang konsisten pada seluruh halaman.

c) Workflow Sistem

Rancangan workflow berhasil memodelkan proses validasi empat tahap menjadi alur digital yang terstruktur dan dapat dipantau.

- 1) Mekanisme Persetujuan Berurutan (*Sequential Approval*): Sistem mengimplementasikan pola ini dengan ketat, di mana dokumen hanya dapat berpindah tahap setelah disetujui oleh pihak yang berwenang. Implementasi ini menjamin kepatuhan terhadap prosedur bisnis yang ada.
- 2) Manajemen Status dan Penolakan Otomatis: Dengan pendekatan berbasis *Finite State Machine* (FSM), sistem secara otomatis mengelola transisi status dokumen. Fitur rollback otomatis beserta catatan koreksi saat penolakan memastikan kualitas dokumen sebelum melanjutkan proses.
- 3) Jejak Audit (*Audit Trail*) yang Lengkap: Setiap tindakan (persetujuan, penolakan, komentar) dicatat secara otomatis dalam `tbl_disposisi_log`. Hasilnya adalah transparansi proses yang lengkap dan kemampuan penelusuran riwayat untuk keperluan akuntabilitas.

Gambar 2 berikut menampilkan *workflow* proses validasi dan disposisi dokumen pada sistem SIGAP PGE yang diimplementasikan menggunakan pendekatan *sequential approval pattern*.



Gambar 2. *workflow* pada sistem SIGAP PGE

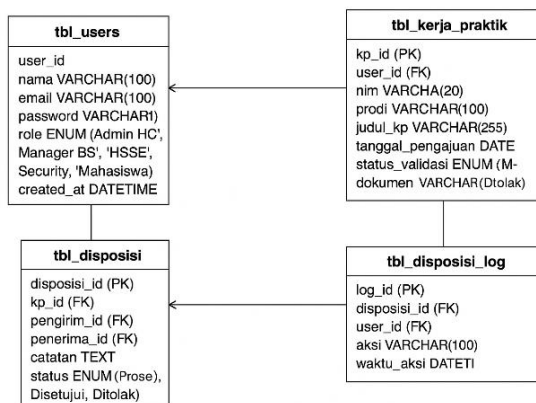
d) Perancangan Basis Data

Perancangan basis data menggunakan MySQL dengan pendekatan *Entity relationship diagram* (ERD). Struktur data dirancang untuk meminimalkan redundansi dan menjamin integritas data melalui normalisasi hingga *Third Normal Form (3NF)*. Terdapat empat entitas utama dalam sistem, yaitu:

- 1) Menyimpan data akun pengguna beserta peranannya dalam sistem. Setiap pengguna memiliki *role* berbeda, seperti Admin HC, *Manager Business Support*, HSSE, *Security*, dan Mahasiswa.
- 2) Menyimpan informasi terkait data mahasiswa yang melakukan pengajuan validasi *ID Card* kerja praktik, termasuk data pribadi, program studi, serta status validasi.
- 3) Berisi data hasil disposisi antar fungsi yang mencakup catatan, komentar, serta keputusan dari tiap tahap persetujuan dokumen kerja praktik.
- 4) Menyimpan riwayat aktivitas dan perubahan status pada setiap proses disposisi, termasuk waktu pencatatan dan pengguna yang melakukan tindakan.

Hubungan antar-entitas bersifat terintegrasi secara hierarkis, di mana setiap pengguna (*tbl_users*) dapat memiliki lebih dari satu pengajuan kerja praktik (*tbl_kerja_praktik*). Setiap pengajuan kerja praktik dapat melalui beberapa proses disposisi (*tbl_disposisi*), dan setiap disposisi memiliki catatan log aktivitas (*tbl_disposisi_log*).

Struktur hubungan antar-entitas tersebut divisualisasikan pada Gambar 3, yang menunjukkan keterkaitan logis antar tabel utama dalam sistem.



Gambar 3. Entity relationship diagram system SIGAP PGE

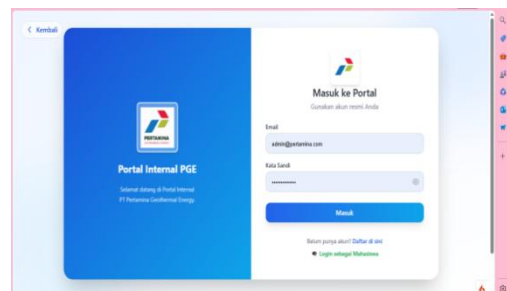
Rancangan ini memastikan bahwa setiap data yang tersimpan bersifat terpadu, konsisten, dan mudah ditelusuri, serta mendukung kebutuhan multi-*role* pengguna di lingkungan PT PGE.

3.3 Implementasi Sistem

Tahap implementasi antarmuka sistem SIGAP PGE difokuskan pada penerapan fungsionalitas utama yang mendukung proses validasi *ID Card* dan disposisi dokumen kerja praktik. Antarmuka dikembangkan menggunakan *framework* CodeIgniter 4 dengan struktur *Model-View-Controller* (MVC), sehingga setiap komponen memiliki tanggung jawab yang terpisah dan mudah dikelola. Implementasi antarmuka melibatkan lima komponen utama yang menggambarkan keseluruhan proses bisnis sistem.

a. Halaman Login

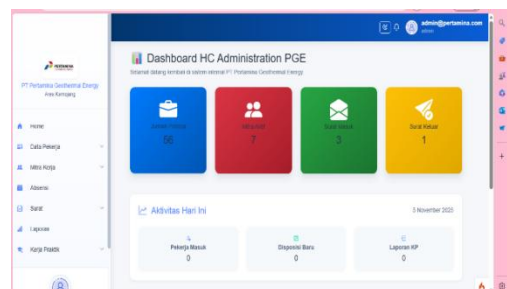
Halaman *login* berfungsi sebagai titik awal autentikasi bagi seluruh pengguna sistem. Pada tahap ini, setiap pengguna diwajibkan memasukkan kredensial berupa alamat email dan kata sandi sebelum dapat mengakses fitur sesuai dengan peran masing-masing. Proses validasi *input* dilakukan secara *real-time* untuk memastikan keakuratan data yang dimasukkan, meningkatkan keamanan, serta mencegah potensi akses tidak sah. Selain itu, sistem menerapkan pembatasan maksimal lima kali percobaan *login* sebagai upaya mitigasi terhadap serangan *brute force*. Gambar 4 berikut menyajikan tampilan antarmuka halaman login.



Gambar 4. Halaman Login

b. Dashboard Utama

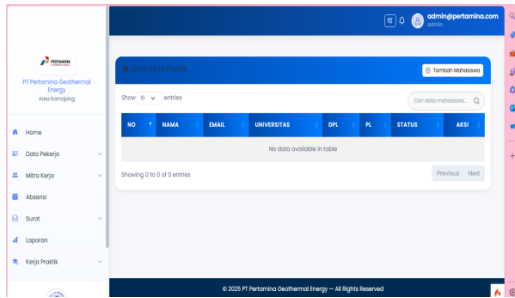
Setelah proses autentikasi berhasil dilakukan, pengguna diarahkan ke *Dashboard* Utama, yang berfungsi sebagai pusat navigasi dan pemantauan sistem. Tampilan *dashboard* disesuaikan berdasarkan peran masing-masing pengguna untuk memastikan efektivitas pengelolaan informasi dan tugas. Gambar 5 di bawah ini memperlihatkan tampilan *Dashboard* Utama untuk peran Admin HC, yang mencerminkan integrasi fungsionalitas sistem dengan kebutuhan operasional organisasi.



Gambar 5. Halaman Dashboard

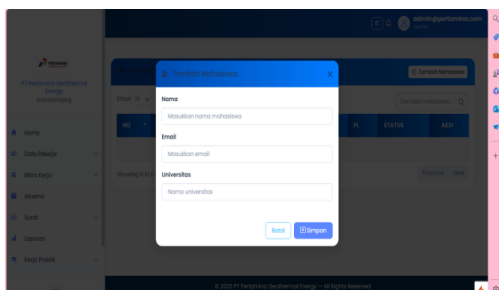
c. Menu Kerja Praktik

Menu Kerja Praktik merupakan fitur inti dalam sistem SIGAP PGE yang menampilkan daftar mahasiswa yang mengajukan validasi *ID Card*. Admin HC dapat menambahkan data mahasiswa baru melalui tombol “Tambah Data Mahasiswa” di bagian atas halaman. Gambar 6 di bawah ini memperlihatkan tampilan antarmuka Menu Kerja Praktik, yang mencerminkan alur kerja dan fungsionalitas sistem secara intuitif.



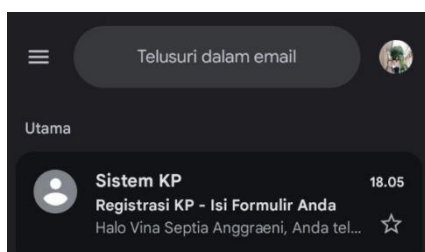
Gambar 6. Tampilan Menu Kerja Praktik

Tombol “Tambah Data Mahasiswa” membuka *form input* yang terdiri atas tiga *field* utama, yaitu nama lengkap mahasiswa, universitas asal, dan alamat email. Setelah data disimpan, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui email kepada mahasiswa untuk melengkapi dokumen persyaratan. Mekanisme ini menjamin alur pengajuan berlangsung secara efisien dan terpantau secara digital. Gambar 7 memperlihatkan tampilan *Form* Tambah Data Mahasiswa yang diisi oleh Admin HC.



Gambar 7. Form Tambah Data Mahasiswa

Setelah data mahasiswa ditambahkan, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui email kepada mahasiswa yang bersangkutan. Notifikasi ini berfungsi sebagai pengingat untuk melengkapi dokumen persyaratan kerja praktik. Gambar 8 memperlihatkan tampilan Notifikasi Email Mahasiswa yang dikirim oleh sistem.



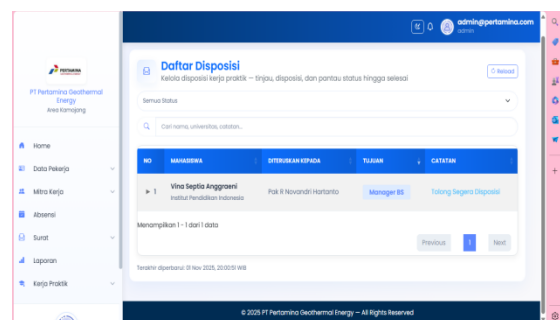
Gambar 8. Tampilan Notifikasi Email Mahasiswa

Setelah Admin menambahkan data dasar mahasiswa, sistem secara otomatis mengirimkan email yang berisi *link* akses untuk melengkapi informasi tambahan. Mahasiswa kemudian mengisi *form* kelengkapan data melalui *link* tersebut. Gambar 9 memperlihatkan tampilan *Form Upload Kelengkapan Data* yang diakses oleh mahasiswa.

Gambar 9. Form Upload Kelengkapan Data

d) Halaman Disposisi Dokumen

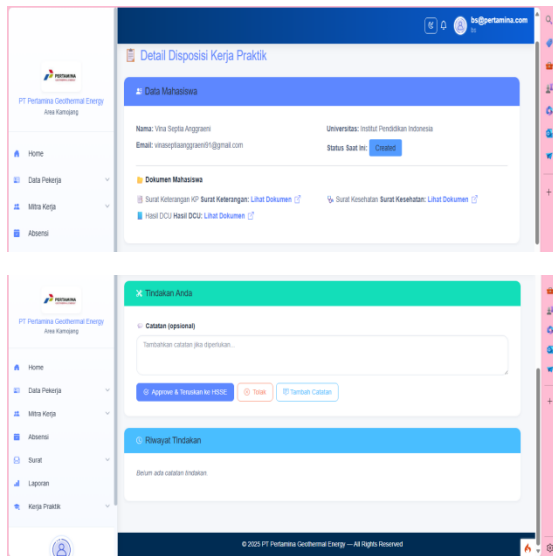
Halaman Disposisi Dokumen digunakan oleh *Manager Business Support*, *HSSE*, dan *Security* untuk melakukan verifikasi berjenjang terhadap dokumen kerja praktik. Setiap pengguna dapat memberikan catatan atau menolak dokumen melalui kolom komentar jika ditemukan kekeliruan. Proses ini menerapkan *sequential approval pattern*, sehingga dokumen hanya dapat melanjutkan ke tahap berikutnya setelah disetujui pada tahap sebelumnya. Gambar 10 memperlihatkan tampilan Halaman Disposisi, yang muncul setelah dokumen ditindaklanjuti oleh Admin.



Gambar 10. Halaman Disposisi Dokumen

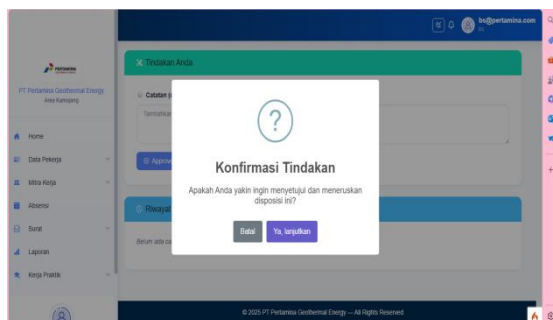
Gambar 11 memperlihatkan tampilan proses disposisi, di mana setiap dokumen melewati tahapan persetujuan

(*approved*) secara berjenjang oleh masing-masing peran. Mekanisme ini menjamin bahwa setiap dokumen telah diverifikasi secara menyeluruh sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.



Gambar 11. Halaman Proses Disposisi

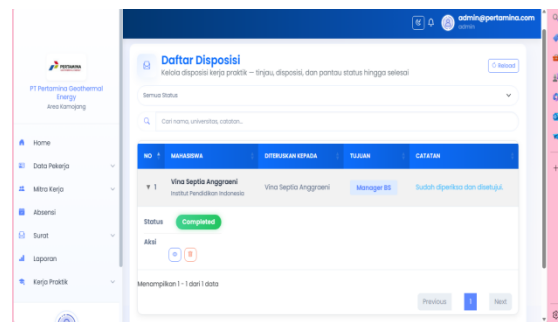
Gambar 12 memperlihatkan proses persetujuan (*approved*) yang dilakukan oleh masing-masing peran setelah seluruh dokumen dinyatakan valid. Proses ini memastikan bahwa setiap dokumen telah diverifikasi dan disahkan sesuai prosedur sebelum diarsipkan atau diproses lebih lanjut.



Gambar 12. Halaman Proses *Approved*

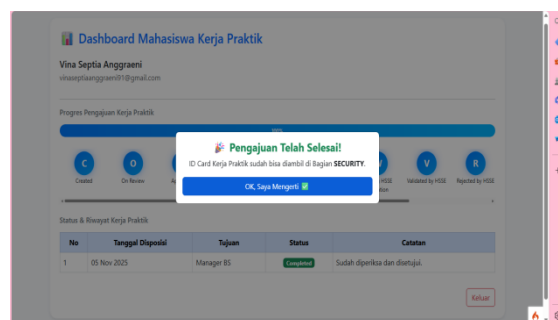
e) Tampilan Status Akhir Validasi

Setelah seluruh tahapan disposisi selesai, sistem secara otomatis memperbarui status akhir validasi mahasiswa. Hasil validasi tersimpan dalam tabel `tbl_disposisi_log` dan dapat diakses kembali untuk keperluan audit atau laporan. Gambar 13 menunjukkan status akhir validasi, di mana seluruh dokumen telah disetujui dan dinyatakan valid.



Gambar 13. Tampilan Status Akhir Validasi

Gambar 16 berikut menunjukkan status akhir validasi yang ditampilkan pada *dashboard* mahasiswa setelah semua tahapan *approved* berhasil diselesaikan, dan di *dashboard* mahasiswa ini progres pengajuan bisa dilihat secara *real-time*.



Gambar 14. Halaman Status Akhir Validasi *Dashboard* Mahasiswa

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan pendekatan *Black Box Testing* dengan fokus pada verifikasi fungsionalitas sistem terhadap *software requirements specification* (SRS). Metode ini dipilih untuk menguji perilaku eksternal sistem tanpa mempertimbangkan implementasi kode internal [11]. Pengujian mencakup seluruh *functional requirements* dan *non-functional requirements* yang telah didefinisikan sebelumnya.

Dikembangkan 45 *test case* yang mencakup sembilan kebutuhan fungsional (FR-01 hingga FR-09) dan empat kebutuhan non-fungsional (NFR-01 hingga NFR-04). Setiap *test case* dirancang dengan kriteria masukan, keluaran yang diharapkan, dan kondisi pengujian yang terstandarisasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Ringkasan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Pengujian *Black Box Testing*

Kategori Pengujian	Jumlah <i>Test Case</i>	Status Lulus
Autentikasi & RBAC	8	8
Manajemen Data Praktik	12	12
Validasi Berjenjang	15	15

Kategori Pengujian	Jumlah <i>Test Case</i>	Status Lulus
Disposisi Dokumen	6	6
Keamanan Data	4	4
Total :	45	45

Beberapa capaian fungsional utama meliputi: mekanisme autentikasi dan *Role-based access control (RBAC)* yang berhasil membatasi akses sesuai peran pengguna, *workflow* validasi empat tahap yang berjalan secara berurutan dan terkendali, notifikasi email yang terkirim otomatis pada setiap perubahan status, serta kemampuan sistem dalam menangani unggah dokumen dengan validasi format dan ukuran.

Pengukuran kinerja sistem menunjukkan *response time* rata-rata 1,2 detik dengan 100 pengguna bersamaan, yang memenuhi kriteria kinerja yang ditetapkan. Dari aspek keamanan, sistem menerapkan enkripsi data dan proteksi terhadap serangan *brute-force*. Aspek yang paling signifikan adalah peningkatan efisiensi proses validasi *ID Card*, di mana sistem SIGAP PGE berhasil meningkatkan efisiensi waktu sebesar 62%, dari rata-rata 7-10 hari kerja menjadi hanya 1-3 hari kerja.

Temuan pengujian ini membuktikan bahwa digitalisasi proses administrasi kerja praktik melalui SIGAP PGE memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi operasional. Peningkatan efisiensi 62% sejalan dengan penelitian sebelumnya mengenai manfaat transformasi digital dalam administrasi SDM [3], [6]. Keberhasilan implementasi *workflow* digital berjenjang juga mengatasi permasalahan utama yang diidentifikasi dalam latar belakang, yaitu inefisiensi validasi dan ketidaktransparanan proses. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis tetapi juga memberikan nilai tambah bagi organisasi dalam mendukung percepatan proses administrasi internal.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan pengembangan dan implementasi Sistem Informasi Geothermal untuk Administrasi Praktik (SIGAP PGE) berbasis web yang dirancang untuk mendukung pengelolaan proses validasi kerja praktik dan disposisi dokumen secara terintegrasi di PT Pertamina Geothermal Energy. Sistem yang dikembangkan mampu mengubah mekanisme persetujuan berjenjang yang sebelumnya dilakukan secara manual menjadi proses digital yang terstruktur melalui empat tahapan persetujuan, yaitu Admin HC, *Manager Business Support*, HSSE, dan *Security*, dengan dukungan notifikasi secara *real-time*. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, seluruh kebutuhan sistem telah terpenuhi, serta tercatat adanya percepatan waktu proses validasi *ID Card* sebesar 62%. Keberadaan fitur pengelolaan hak akses berbasis peran, pencatatan riwayat disposisi, serta *dashboard* pemantauan proses menunjukkan bahwa sistem

berkontribusi terhadap peningkatan transparansi, ketepatan, dan akuntabilitas administrasi.

Hasil tersebut menegaskan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, yakni menghasilkan sistem informasi administrasi berbasis web yang mampu meningkatkan efisiensi proses, memperjelas alur persetujuan, dan mendukung penerapan tata kelola administrasi digital yang lebih baik di lingkungan PT Pertamina Geothermal Energy.

Dari perspektif teoretis, penelitian ini memperkaya kajian sistem informasi dengan memberikan gambaran penerapan model pengelolaan *workflow multi-level* pada organisasi dengan struktur administratif yang kompleks. Integrasi proses kerja praktik dan disposisi dokumen dalam satu platform terpusat memperkuat pemahaman mengenai peran desain sistem yang selaras dengan kebutuhan organisasi dalam mendukung efisiensi dan akuntabilitas pengelolaan administrasi. Sementara itu, dari sisi kebijakan dan praktis, temuan penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan internal terkait digitalisasi administrasi, khususnya bagi perusahaan BUMN, guna mendorong transparansi proses, pengendalian alur persetujuan, serta keberlanjutan transformasi digital berbasis sistem.

Sebagai pengembangan di masa mendatang, sistem SIGAP PGE berpotensi untuk diintegrasikan dengan sistem lain yang ada di lingkungan Pertamina melalui penerapan layanan berbasis RESTful API, serta dikembangkan dalam bentuk aplikasi *mobile* guna meningkatkan fleksibilitas akses dan optimalisasi pemanfaatan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Xu, J. M. David, and S. H. Kim, "The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges," *Int. J. Financ. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 90–95, 2021, doi: 10.5430/ijfr.v9n2p90.
- [2] A. Nazir and others, "The Impact of Internship Programs on Employability and Talent Management: A Structured Literature Review," *J. Hum. Resour. Manag.*, 2021.
- [3] R. Fadli and R. Hidayat, "Perancangan Sistem Disposisi Surat Digital Pada Instansi Pemerintah Untuk Meningkatkan Kecepatan dan Akurasi Layanan," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, 2020.
- [4] M. A. Nugroho, "Implementasi UML dalam Pengembangan Sistem Informasi Human Capital," *J. Rekayasa Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 2, pp. 99–108, 2021.
- [5] D. P. Sari and A. Pratama, "Development of a Project Monitoring and Reporting System for Internships Using the Laravel Framework," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 6, pp. 1–10, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.01306001.
- [6] E. Rohmawati and E. Yulianingsih, "Sistem Informasi E-Disposisi Surat Berbasis Web pada

- Kantor Camat Tungkal Jaya Kabupaten Musi Banyuasin,” *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, vol. 6, no. 2, pp. 985–997, May 2025, doi: 10.63447/jimik.v6i2.1372. :contentReference[oaicite:0]{index=0}.
- [7] Gupta, A., & Sharma, R. *Towards a Digital HR Ecosystem: An Integrated Framework for Recruitment, Training and Document Administration in the Energy Sector. Journal of Enterprise Information Management*, 36(4), 1120–1140. 2023 <https://doi.org/10.1108/JEIM-05-2022-0176>.
- [8] Lee, J., Park, S., & Kim, M. *Evaluating Low-Code Platforms for Automated Workflow Management in Public Sector Administration: A Case Study on Multi-Level Approval Systems. Government Information Quarterly*, 41(1), 101888. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101888>
- [9] L. Heriyanto and M. F. Rozi, “Rancang Bangun Sistem Informasi Arsip Elektronik Menggunakan *Waterfall* dengan Framework CodeIgniter 4,” *J. Manuf. Enterp. Inf. Syst.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–67, 2023, doi: 10.52330/jmeis.v1i2.188.
- [10] H. Aspriyono, “Implementasi Metode *Waterfall* Dalam Pembuatan E-Learning Pada SMK Teknik PAL Surabaya Menggunakan CodeIgniter dan MySQL,” *J. Sist. Inf. dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 58–65, 2021, doi: 10.51717/simkom.v6i1.55.
- [11] Junaedy and A. Munir, “Rancang Bangun Sistem Pengelolaan Data Kuliah Kerja Lapang Plus Memanfaatkan Framework CodeIgniter dengan Menggunakan Metode *Waterfall*,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 9, no. 2, pp. 203–210, 2017, doi: 10.33096/ilkom.v9i2.141.203-210.
- [12] R. Rousyati, F. Fandhilah, F. Fatimah, I. Puspitasari, and A. S. Falah, “Penerapan Metode *Waterfall* dan Framework CodeIgniter dalam Perancangan Sistem E-Commerce Berbasis Website Pada Toko Edo Gorden (E-GO),” *METHOMIKA J. Manaj. Inform. & Komputerisasi Akunt.*, vol. 6, no. 2, pp. 143–148, 2022, doi: 10.46880/jmika.Vol6No2.pp143-148.
- [13] C. Palomares, X. Franch, C. Quer, and T. Gorschek, “The State-of-Practice in Requirements Elicitation: An Extended Interview Study at 12 Companies,” *arXiv*, vol. arXiv:2102.11556, 2021, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2102.11556>
- [14] M. Nazih and Z. Imaduddin, “Analisis Perancangan Prototipe Sistem Informasi Biaya Studi Mahasiswa Menggunakan Framework Mobile Onsen UI (Studi Kasus: STT Terpadu Nurul Fikri),” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 3, no. 2, 2018, doi: 10.54914/jtt.v3i2.84.
- [15] D. Kurniawan and N. Sari, “Implementasi Framework CodeIgniter 4 dalam Pengembangan Aplikasi Berbasis Web,” *J. Teknol. Inf. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 89–98, 2023.
- [16] W. Alfadhli and M. Nasser, “Application of Black-Box Testing for Web-Based Information Systems,” *J. Softw. Qual.*, vol. 8, no. 1, pp. 67–75, 2020.
- [17] A. Rahman and T. Putra, “Maintenance Strategy for Web-Based Enterprise Applications,” *J. Digit. Syst. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 23–34, 2024.



PENERAPAN APLIKASI MANTEN-KU UNTUK OPTIMALISASI LAYANAN PADA KHALISA MUSLIM WEDDING BANJARNEGARA

Ferry Febrianto¹, Khalimaturafi'ah²

¹Informatika, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Tunas Bangsa Banjarnegara

²Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Tunas Bangsa Banjarnegara

Parakancangah, Banjarnegara, Indonesia 53412

ferryfebrianto6072@gmail.com, imelzgadz27@gmail.com

Abstract

Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara is a service business that offers wedding packages, bridal makeup, pre-wedding services, graduation services, and clothing rentals. Currently, the ordering process is still done conventionally, with customers having to come directly to the office to order packages. Customer data is still recorded on paper and summarised in a ledger. This often causes various problems, such as lost, damaged, or difficult-to-find data. The promotion process is still limited to telephone and social media such as Instagram. Customers see photos without getting detailed information about the contents and prices of available wedding packages. This study aims to develop a website-based wedding package booking application to facilitate the booking process and manage customer data. The methods used include data collection and the Waterfall system development. The application was designed using Flowchart, Data Flow Diagram (DFD), and Entity Relationship Diagram (ERD) modeling tools, and implemented using PHP and the MySQL database. Black Box testing results showed a 94% success rate, indicating that all system functions were running according to requirements. Meanwhile, the results of User Acceptance Testing (UAT), with an average score of 69.28%, indicate that the application is acceptable to users and considered helpful for ordering, promotion, and data processing.

Keywords: Digitalisation, Services, Manten-Ku, Optimisation, Wedding

Abstrak

Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara merupakan usaha pelayanan jasa yang menawarkan paket *wedding*, rias pengantin, *prewedding*, wisuda, serta penyewaan baju. Saat ini, proses pemesanan masih dilakukan secara konvensional, pelanggan harus datang langsung ke kantor untuk melakukan pemesanan paket. Pendataan pelanggan masih ditulis di atas kertas dan direkap di buku besar. Hal ini sering kali menimbulkan berbagai permasalahan seperti data yang hilang, rusak, atau sulit ditemukan. Proses promosi masih sebatas melalui telepon dan media sosial seperti Instagram. Pelanggan melihat foto-foto tanpa mendapatkan informasi detail mengenai isi dan harga paket *wedding* yang tersedia. Penelitian ini bertujuan menghasilkan sebuah aplikasi pemesanan paket *wedding* berbasis *website* untuk memudahkan proses pemesanan dan pengolahan data pelanggan. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data dan pengembangan sistem *Waterfall*. Aplikasi dirancang menggunakan alat bantu pemodelan *Flowchart*, *Data Flow Diagram* (DFD), dan *Entity Relationship Diagram* (ERD), serta diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database* MySQL. Hasil pengujian *Black Box* menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 94% yang menandakan bahwa seluruh fungsi sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan. Sementara itu, hasil *User Acceptance Testing* (UAT) dengan nilai rerata 69,28% menunjukkan bahwa aplikasi dapat diterima oleh pengguna dan dinilai cukup membantu dalam proses pemesanan, promosi, serta pengolahan data pada Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara.

Kata kunci: Digitalisasi, Layanan, Manten-Ku, Optimalisasi, *Wedding*

1. PENDAHULUAN

Bisnis *Wedding Organizer* (WO) merupakan bisnis bidang jasa yang memberikan pelayanan jasa pengorganisasian segala aktivitas yang berkaitan dengan kebutuhan dalam

suatu pernikahan. WO adalah suatu layanan yang membantu para calon pengantin menyiapkan acara pernikahan mereka.[1]

Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara adalah usaha yang bergerak di bidang pelayanan jasa yang menawarkan berbagai jasa seperti paket *wedding*, rias pengantin, *pre-wedding*, wisuda, dan penyewaan baju. Proses pemesanan masih dilakukan secara manual, pelanggan harus datang langsung ke kantor untuk melakukan pemesanan paket, pendataan pelanggan masih ditulis di kertas dan di rekap pada buku besar yang mengakibatkan beberapa permasalahan seperti kehilangan data (rusak atau hilang). Selain itu, proses promosi masih melalui telepon dan via media sosial Instagram, pelanggan hanya dapat mengakses informasi berupa foto tanpa mengetahui detail paket *wedding* yang diinginkan.

Penelitian pernah dilakukan oleh Hannan Lusti dan Fajar pada tahun 2020. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan pelayanan dan pengelolaan data agar lebih akurat dan efisien. Sistem dirancang dengan menggunakan UML (*Unified Language Modelling*). [2]

Penelitian selanjutnya dilakukan pada tahun 2021. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penyewaan pakaian dan dekorasi yang dapat diakses melalui internet untuk membantu Nita Wedding Organizer mengelola data penyewaan. Pengumpulan data, analisis kebutuhan data, perancangan sistem, pengujian, dan implementasi adalah langkah-langkah dalam pembuatan sistem yang menggunakan metode *Waterfall*. Metode penelitian yang digunakan termasuk observasi, wawancara, dan studi literatur. PHP digunakan bersama dengan *Framework CodeIgniter* dan *Bootstrap*. Pengembangan sistem ini menghasilkan *Back-end* penyewaan pakaian dan dekorasi untuk Nita Wedding Organizer, yang memudahkan pengelolaan data penyewaan, baik pakaian maupun dekorasi pernikahan, dan memudahkan pembuatan laporan untuk Nita Wedding Organizer. [3]

Penelitian yang dilakukan, peneliti menggunakan metode pengumpulan data wawancara, observasi, dokumentasi, dan kuesioner. Perancangan sistem dibuat menggunakan *Flowchart* dan DFD (*Data Flow Diagram*), serta ERD untuk perancangan *database*-nya. Perancangan UI (*User Interface*) sistem menggunakan *tools* Balsamiq Mockup dan *software* Figma. Metode pengembangan sistem yang peneliti gunakan adalah metode *Waterfall*. Bahasa pemrograman PHP dan MySQL digunakan untuk implementasi aplikasi melalui *tools* Visual Studio Code. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Black Box testing*, serta pengujian kuesioner yang dilakukan kepada pengguna.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian besar sistem yang dikembangkan lebih berkonsentrasi pada manajemen penyewaan pakaian dan dekorasi serta meningkatkan efisiensi manajemen data. Namun, tidak banyak penelitian yang secara khusus mengintegrasikan proses pemesanan paket pernikahan, manajemen data pelanggan, pemasaran layanan, dan pembuatan laporan ke

dalam satu sistem terpusat. Selain itu, penelitian terdahulu masih terbatas pada pengembangan sistem untuk penyedia layanan lain, sehingga belum menyesuaikan dengan kebutuhan spesifik Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara. Oleh karena itu, ada gap penelitian (gap studi) dalam desain dan pengembangan aplikasi Manten-Ku. Aplikasi ini menawarkan solusi lebih lengkap untuk memudahkan pelanggan melakukan pemesanan dan membantu admin mengelola data dan mempromosikan layanan dengan lebih baik.

Implementasi Aplikasi Manten-Ku pada Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara bertujuan untuk memudahkan pelanggan dalam proses pemesanan dan memudahkan pelanggan dalam menerima informasi, serta memudahkan admin dalam pengolahan data pelanggan, data paket, data pemesanan dan pembuatan laporan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pengumpulan Data

a) Observasi

Observasi merupakan pencatatan pola perilaku orang, objek, dan kejadian secara sistematis untuk mendapatkan informasi tentang fenomena yang diamati disebut observasi. [4]

Pelaksanaan observasi dilakukan pada tanggal 5-16 Agustus 2025 yang dilakukan dengan mengamati sistem kerja, proses pemesanan paket *wedding*, proses *fitting* pelanggan dan proses promosi yang dilakukan di Khalisa Muslim Wedding.

b) Wawancara

Wawancara adalah jenis komunikasi tatap muka antara dua atau lebih orang. Salah satu pihak melakukan wawancara, dan pihak lainnya melakukan wawancara dengan tujuan tertentu. [5][6]. Pelaksanaan wawancara dilakukan pada tanggal 7-9 Agustus 2025 kepada *owner* dari Khalisa Muslim Wedding.

c) Dokumentasi

Dokumentasi adalah catatan aktivitas, kegiatan, atau peristiwa yang telah berlalu yang disimpan dalam arsip dan disimpan. Dokumentasi dapat berupa tulisan, gambar, atau karya besar [7]. Dokumentasi yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu dari hasil wawancara dengan *owner* Khalisa Muslim Wedding, arsip data pelanggan, dan foto lokasi penelitian.

d) Kuesioner

Kuesioner adalah teknik pengumpulan data yang digunakan baik dalam observasi maupun survei. Ini terdiri dari beberapa pertanyaan, baik tulisan maupun lisan, yang harus dijawab oleh peserta [8].

Kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kuesioner tertutup, karena sudah tersedia alternatif jawaban yang dapat dipilih responden berdasarkan pengalaman yang pernah dialami. Dalam pengisian kuesioner melalui Google Form dengan jumlah responden sebanyak 28 orang pelanggan Khalisa Muslim Wedding. Tujuan dari pengisian kuesioner yaitu untuk mendapatkan data dari pelanggan Khalisa Muslim Wedding dalam proses pemesanan *wedding* melalui media sosial Instagram dan WhatsApp.

2.2 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian pada penelitian ini diuraikan dalam metode pengembangan sistem. Metode yang digunakan untuk pengembangan sistem adalah metode *Waterfall*. Pemilihan metode ini dilakukan berdasarkan kebutuhan aplikasi Manten-Ku, yang mencakup modul untuk mengelola jadwal, pencatatan informasi klien, dan pengingat acara, sehingga sesuai untuk pendekatan yang terstruktur dan linear. Metode *Waterfall* memungkinkan setiap fase pengembangan mulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, pelaksanaan, pengujian, sampai pemeliharaan untuk dikerjakan secara berurutan, sehingga proyek lebih mudah dikendalikan dan kualitas hasil dapat dipastikan di setiap fase. Dalam konteks akademik, *Waterfall* sesuai dengan standar untuk penelitian pengembangan sistem, karena memberikan dokumentasi yang komprehensif, mempermudah penilaian hasil, dan memungkinkan peneliti lain untuk mereplikasi penelitian. Dengan cara ini, penelitian dapat menghasilkan sistem yang efisien, terdokumentasi dengan baik, dan dapat diukur keberhasilannya secara terstruktur. Berikut tahapan penelitian dengan mengacu pada metode pengembangan sistem *Waterfall* [9], [10], [11].

a. Analisis Kebutuhan (*Requirement Analysis*)

Proses: Mengidentifikasi kebutuhan sistem melalui observasi, wawancara, dan studi dokumen terkait layanan Khalisa Muslim Wedding.

Hasil: Ditemukan kebutuhan modul utama aplikasi: manajemen jadwal, pencatatan data klien, pengingat acara, dan pelaporan layanan. Kendala utama yang diidentifikasi adalah pencatatan manual dan lambatnya koordinasi internal.

b. Perancangan Sistem (*System Design*)

Proses: Mendesain arsitektur sistem dan antarmuka aplikasi Manten-Ku, termasuk diagram alur, desain *database*, dan *prototype* UI/UX.

Hasil: Terbentuk rancangan sistem yang terstruktur, memudahkan alur layanan, dan meminimalkan kesalahan pencatatan.

c. Implementasi (*Implementation / Coding*)

Proses: Mengembangkan aplikasi sesuai rancangan menggunakan teknologi *mobile* atau web, serta melakukan uji coba internal.

Hasil: Aplikasi Manten-Ku dapat dioperasikan dengan fitur pencatatan data, pengingat jadwal, dan pelaporan layanan berjalan sesuai desain.

d. Pengujian (*Testing / Verification*)

Proses: Melakukan pengujian fungsional, pengujian *user acceptance*, dan evaluasi kinerja aplikasi di lapangan.

Hasil: Aplikasi terbukti meningkatkan efisiensi layanan, mengurangi kesalahan data, dan mempercepat respon terhadap permintaan klien.

e. Pemeliharaan (*Maintenance / Deployment*)

Proses: Aplikasi diterapkan secara penuh, termasuk pelatihan *staff*, monitoring penggunaan, dan perbaikan *bug* bila diperlukan.

Hasil: Sistem berjalan stabil, data layanan tersimpan secara digital, koordinasi internal lebih baik, serta diperoleh masukan untuk pengembangan fitur tambahan seperti notifikasi otomatis dan integrasi pembayaran *online*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil implementasi metode yang dilakukan dalam pengembangan aplikasi Manten-Ku maka di dapatkan detail mengenai kebutuhan fungsional yang mencakup *software* maupun *hardware* dan *tools* yang dipakai serta *non* fungsional dan hasil implementasi aplikasinya. [12][13]

3.1 Analisis Kebutuhan (*Requirement Analysis*)

A. Kebutuhan Fungsional

1) Software dan *Hardware* Pengembangan Aplikasi

- a) Intel R Core(TM) i3-4100M CPU @ 2.50GHz 2.49 GHz 4,00 GB (3,73 GB usable)
- b) *Windows 10 Pro*
- c) *Figma*
- d) *Draw.io*
- e) *Visual Studio Code*
- f) *Xampp*
- g) *Balsamiq Mockup*
- h) *Browser*

2) Software dan *Hardware* Implementasi Aplikasi

- a) *Processor* Intel Core i3
- b) *Memory* (RAM) 4GB

- c) Sistem operasi *Windows 10*
- d) *Google Chrome/Edge*

B. Kebutuhan Non-Fungsional

1) Keamanan (*Security*)

- a) Data pelanggan (nama, kontak, pembayaran) harus terenkripsi.
- b) Sistem *login* menggunakan autentikasi dengan *username* dan *password* yang aman.
- c) Akses admin dan pelanggan dipisahkan dengan hak akses berbeda.
- d) Sistem harus memiliki mekanisme *backup* data otomatis.

2) Kinerja (*Performance*)

- a) Aplikasi dapat memproses minimal 50 transaksi pemesanan secara bersamaan tanpa penurunan kinerja.
- b) Waktu respon maksimal 3 detik untuk setiap permintaan pengguna.
- c) Sistem harus tetap stabil meskipun diakses lebih dari 100 pengguna per hari.

3) *Brainware* (Sumber Daya Manusia Pengguna Aplikasi)

- a) Admin harus memiliki kompetensi dasar TI untuk mengelola sistem (*input* data, memverifikasi pemesanan, mencetak laporan).
- b) Pelanggan dapat menggunakan aplikasi tanpa pelatihan khusus berkat antarmuka yang ramah pengguna.
- c) Staf pendukung disiapkan untuk memberikan bantuan teknis bila terjadi kendala penggunaan.
- d) Tersedia manual penggunaan dan sesi pelatihan singkat bagi admin baru.
- e) Akses dan tanggung jawab tiap pengguna (admin, pelanggan, manajer) jelas dan terdokumentasi.

3.2 Design (Perancangan Sistem)

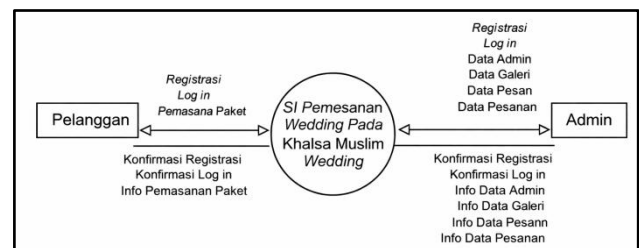
Perancangan sistem untuk pembuatan Aplikasi Manten-Ku berbasis web dibuat menggunakan *Flowchart* dan DFD (*Data Flow Diagram*) dan perancangan *database* yang disajikan pada RDBMS (*Relationship Data Base Management System*). *Flowchart* atau bagan alur adalah cara untuk menggambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah (prosedur), serta aliran data, dengan menggunakan simbol yang mudah dipahami. [14][15]

DFD (*Data Flow Diagram*) adalah alat visual yang digunakan dalam perancangan sistem informasi dan analisis

sistem. DFD menunjukkan bagaimana alir data di dalam sistem, bagaimana data diproses, dan bagaimana data berinteraksi dengan entitas eksternal. [16][17]

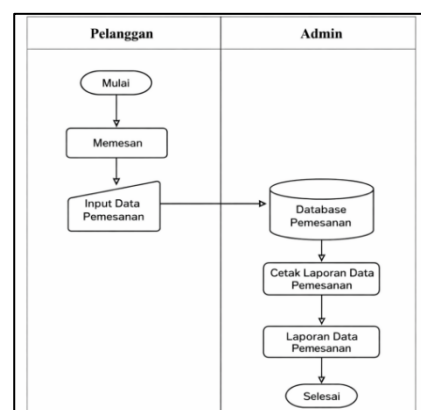
Sistem manajemen basis data (DBMS) adalah perangkat lunak yang memungkinkan penyimpanan, pencarian, pengolahan, dan pengambilan data dengan cepat dan mengelola dan memusatkan data. DBMS berfungsi sebagai penghubung antara *database* dan pengguna dan menawarkan dukungan untuk analisis dan pengambilan keputusan melalui kumpulan data yang terkait. [18]

Adapun desain DFD, *Flowchart*, dan Rancangan RDBMS Aplikasi Manten-Ku ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



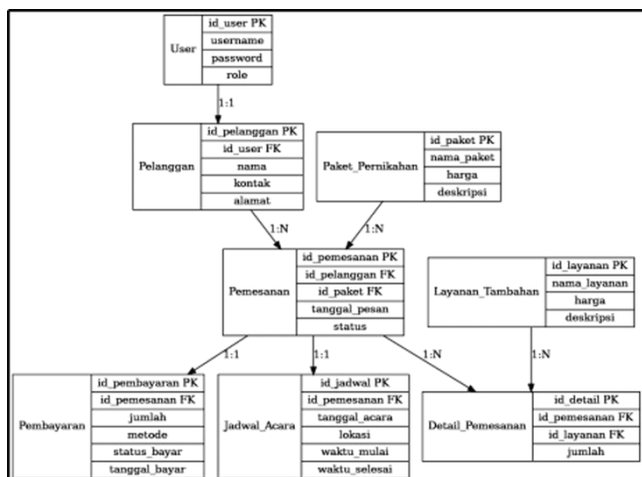
Gambar 1. DFD Aplikasi Manten-Ku

Gambar 1 adalah DFD (*Data Flow Diagram*) aplikasi pengolahan data dan pemesanan paket *wedding* yang menunjukkan adanya 2 entitas eksternal yaitu Pelanggan dan Admin. Pelanggan dapat melakukan proses Registrasi, *Login*, *Browsing* informasi, dan Pemesanan jasa *wedding*. Admin dapat melakukan proses *login*, *input*, edit, hapus, dan pembuatan laporan untuk keseluruhan data yaitu data pelanggan, data paket *wedding*, data galeri, dan data pemesanan.



Gambar 2. Flowchart Aplikasi Manten-Ku

Gambar 2 merupakan *flowchart* proses pemesanan pada aplikasi pengolahan data paket *wedding* berbasis *website*. Pelanggan melakukan pemesanan pada sistem dengan cara memasukkan dan memilih paket *wedding* yang sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya admin akan menerima notifikasi pemesanan dari pelanggan untuk selanjutnya dapat diproses dan diakses untuk pembuatan laporan.

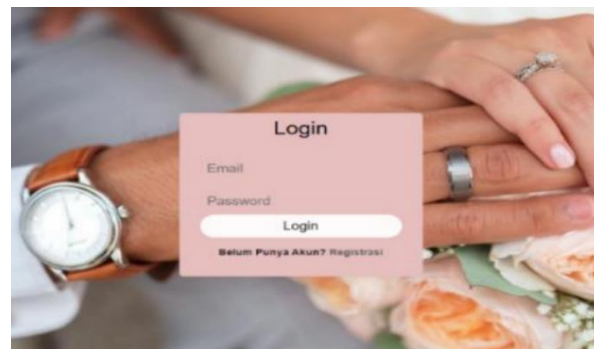


Gambar 3. Desain RDBMS Aplikasi Manten-Ku

Gambar 3 merupakan rancangan basis data aplikasi Manten-Ku pada Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara dirancang menggunakan pendekatan RDBMS untuk mendukung integrasi proses pemesanan, pembayaran, dan pengelolaan jadwal acara pernikahan. Tabel *User* digunakan untuk mengelola data akun *login* baik admin maupun pelanggan, yang terhubung secara satu-satu dengan tabel *Pelanggan* sebagai penyimpan data pribadi pemesan. Setiap pelanggan dapat melakukan banyak transaksi yang tercatat dalam tabel *Pemesanan*, di mana setiap pemesanan terkait langsung dengan tabel *Paket_Pernikahan* yang berisi daftar layanan utama, serta dapat ditambah dengan layanan opsional melalui tabel *Detail_Pemesanan* yang terhubung ke tabel *Layanan_Tambahan*. Untuk menjamin kelancaran proses, setiap pemesanan memiliki keterkaitan dengan tabel *Pembayaran* yang menyimpan informasi transaksi finansial, serta tabel *Jadwal_Acara* yang mendokumentasikan detail waktu dan lokasi pelaksanaan acara. Dengan struktur ini, aplikasi Manten-Ku mampu memberikan solusi terintegrasi bagi Khalisa Muslim Wedding, mulai dari pencatatan data pelanggan, pemilihan paket, pengaturan jadwal, hingga konfirmasi pembayaran, sehingga layanan pernikahan menjadi lebih efisien, transparan, dan mudah dikelola.

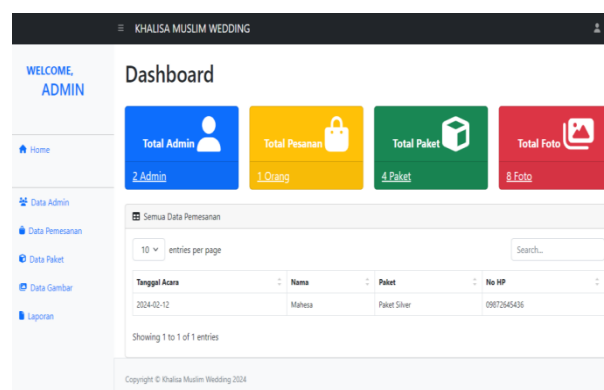
3.3 Development (Pengembangan)

Tahap *Development* (Pengembangan Sistem) pada aplikasi Manten-Ku meliputi pembangunan *database* sesuai rancangan, pembuatan modul *login* untuk membedakan akses admin dan pelanggan, pengembangan fitur pemesanan paket dan layanan tambahan, pencatatan pembayaran, serta pengelolaan jadwal acara. Admin difasilitasi dengan *dashboard* dan menu cetak laporan, sedangkan setiap modul diuji secara unit agar berfungsi sesuai kebutuhan. Tampilan aplikasi Manten-Ku di tunjukkan pada Gambar 5 - Gambar 8



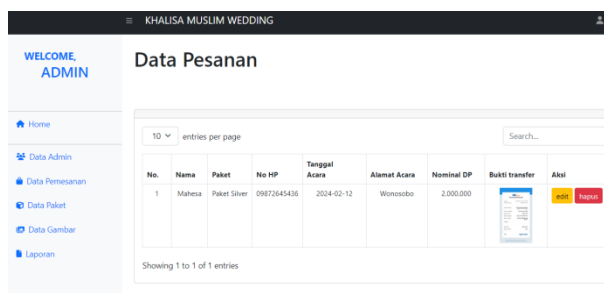
Gambar 4. Tampilan Menu *Login* Aplikasi Manten-Ku

Gambar 4 merupakan tampilan menu *Login*. Menu *login* pada aplikasi Manten-Ku berfungsi sebagai pintu masuk utama yang memastikan keamanan serta membedakan hak akses antara admin dan pelanggan. Melalui *login*, pelanggan dapat mengakses fitur pemesanan, melihat status pembayaran, dan mengatur jadwal acara, sementara admin dapat mengelola data layanan, memantau pemesanan, serta menyusun laporan. Admin dan pelanggan mengakses menu *login* dengan memasukkan email dan *password* yang telah tersimpan di *database*.

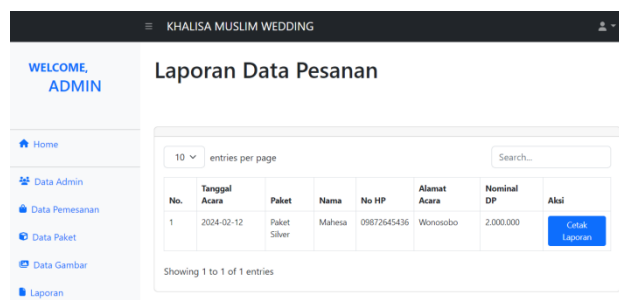


Gambar 5. Tampilan *Dahboard* Admin

Gambar 5 merupakan menu *dashboard* admin pada aplikasi Manten-Ku yang berfungsi sebagai pusat kendali bagi pihak pengelola Khalisa Muslim Wedding. Melalui *dashboard* ini, admin dapat memantau ringkasan pemesanan, mengelola data paket dan layanan tambahan, memverifikasi pembayaran, serta melihat jadwal acara yang sudah dipesan pelanggan. Dengan tampilan terpusat, *dashboard* admin memudahkan pengelolaan layanan secara cepat, efisien, dan terorganisir.



Gambar 6. Tampilan Menu Data Pesanan



Gambar 7. Tampilan menu Laporan Data Pemesanan

Gambar 6 dan Gambar 7 menjelaskan terkait Menu Data Pesanan pada aplikasi Manten-Ku yang digunakan untuk menampilkan dan mengelola seluruh transaksi pemesanan pelanggan, termasuk detail paket, layanan tambahan, status pembayaran, serta jadwal acara. Sementara itu, menu Cetak Laporan Data Pesanan berfungsi menghasilkan laporan pemesanan dalam bentuk dokumen yang rapi dan siap cetak, sehingga memudahkan admin dalam menyusun arsip, melakukan evaluasi, dan menyajikan informasi resmi terkait layanan Khalisa Muslim Wedding.

3.4 Pengujian Aplikasi

Tahap Pengujian (*Testing*) pada aplikasi Manten-Ku dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu *Black Box Testing* dan *User Acceptance Testing* (UAT). *Black Box Testing* digunakan untuk menguji fungsi-fungsi aplikasi tanpa melihat kode program, melainkan berfokus pada *input* dan *output* yang dihasilkan. Pengujian ini mencakup proses *login*, pemesanan paket dan layanan tambahan, pencatatan pembayaran, pengelolaan jadwal acara, hingga pencetakan laporan, sehingga dapat dipastikan setiap fitur berjalan sesuai yang diharapkan. Setelah itu, dilakukan *User Acceptance Testing* (UAT) dengan melibatkan admin dan pelanggan Khalisa Muslim Wedding untuk mencoba langsung aplikasi. UAT bertujuan menilai kesesuaian fitur dengan kebutuhan pengguna, kemudahan penggunaan antarmuka, serta memastikan sistem mendukung proses bisnis yang ada. [19][20], [21]

Tabel 1. Hasil Pengujian *Black Box*

No	Penguji	Jumlah Skor Maksimal	Jumlah Skor Penguji	Skor Tercapai (%)
1	ALFI NAZILAH	80	80	100%
2	RIANFITA RIA SUTARTO	80	71	89%

Hasil pengujian pada Tabel 1 secara keseluruhan yang dilakukan kepada 2 penguji dengan 16 poin pengujian, diperoleh skor 94% dengan hasil ini menyatakan bahwa pengujian sistem menggunakan *Black Box testing* berhasil dan valid.

Selain pengujian *Black Box*, Aplikasi juga diuji menggunakan uji kuesioner yang dilakukan kepada 28

pengguna dalam hal ini adalah 2 admin dan 26 pelanggan. Uji kuesioner dilakukan dengan memberikan 10 pertanyaan terkait aplikasi yang telah dibuat. Penilaian kuesioner ini dihitung menggunakan skala likert 1-5 poin.

Rumus penilaian

: Rata – rata: Jumlah Skor

÷ Jumlah Responden Formulakonversi: Presentase

= (Rata – rata skor / 5) × 100%

Tabel 2. Hasil Uji Kuesioner *User*

No	Pernyataan	S1	S2	S3	S4	S5	jumlah	Rata-rata
1	Tampilan aplikasi menarik dan mudah dipahami	1	1	5	12	9	107	3.82
2	Proses pemesanan mudah dan cepat	0	2	7	13	6	104	3.71
3	Informasi vendor <i>wedding</i> lengkap dan jelas	1	3	9	10	5	96	3.43
4	Navigasi aplikasi mudah digunakan	0	1	8	11	8	109	3.89
5	Fitur pencarian vendor berjalan dengan baik	2	4	10	8	4	88	3.14
6	Aplikasi berjalan lancar tanpa sering <i>error</i>	3	5	9	7	4	84	3
7	Metode pembayaran tersedia beragam	0	2	7	12	7	106	3.79
8	Keamanan data pengguna terjaga	1	5	10	8	4	89	3.26
9	<i>Customer service</i> mudah dihubungi	4	6	8	7	3	80	2.86
10	Aplikasi memberikan notifikasi yang tepat	0	1	7	14	6	107	3.82

Rata-rata skor keseluruhan:

$$(3.82 + 3.71 + 3.43 + 3.89 + 3.14 + 3.00 + 3.79 + 3.18 + 2.86 + 3.82) / 10 = 3.464 \text{ Dalam persen: } (3.464 / 5) \times 100\% = 69.28\%$$

Kesimpulan penilaian:

- a) Aplikasi mendapat penilaian sekitar 69% dari nilai maksimal.

- b) Aspek dengan nilai tertinggi: navigasi aplikasi (77,8%)
- c) Aspek dengan nilai terendah: *customer service* (57,2%)

Aspek *customer service* memperoleh nilai rendah yaitu 57,2% karena aplikasi belum memiliki fitur interaksi langsung seperti *live chat*, informasi paket masih terbatas, serta dukungan pasca pemesanan seperti notifikasi atau pelacakan status belum tersedia. Hal ini menunjukkan layanan pengguna belum terintegrasi penuh sehingga memengaruhi kepuasan. Sementara itu, aspek navigasi aplikasi mendapat nilai 77,8% yang menandakan alur penggunaan sudah cukup membantu, namun belum sepenuhnya intuitif. Beberapa pengguna masih mengalami kesulitan menemukan fitur atau informasi tertentu, sehingga navigasi perlu disederhanakan agar lebih mudah diakses.

Hasil pengujian dengan metode *Black Box* testing menunjukkan nilai yang tinggi, yaitu sebesar 94%, karena pengujian ini hanya berfokus pada fungsi teknis aplikasi, yakni memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan *input* dan *output* yang diharapkan. Hal ini menandakan bahwa sistem secara teknis sudah berfungsi dengan baik. Namun, berbeda dengan hasil kuesioner yang hanya memperoleh nilai 69%. Pengujian melalui kuesioner menitikberatkan pada aspek pengalaman pengguna (*user experience*) seperti kemudahan penggunaan, kepuasan, tampilan antarmuka, dan kenyamanan. Nilai yang lebih rendah ini menunjukkan bahwa meskipun fungsi sistem telah berjalan sesuai harapan, pengguna masih merasakan adanya kekurangan, misalnya pada tampilan antarmuka yang kurang menarik, alur penggunaan yang belum sepenuhnya efisien, atau informasi yang disajikan belum cukup detail. Dengan demikian, perbedaan hasil pengujian ini terjadi karena *Black Box testing* berfokus pada kinerja teknis, sementara kuesioner lebih menilai dari sisi pengalaman dan kepuasan pengguna.

Penelitian yang pertama, tingkat kepuasan pengguna cenderung lebih tinggi karena sistem yang dikembangkan hanya berfokus pada penyewaan pakaian dan dekorasi, sehingga lebih sederhana dan mudah dipahami oleh pengguna. Sementara itu, penelitian ke dua juga memperoleh respon positif karena mampu memberikan peningkatan signifikan dari proses manual ke digital, meskipun masih terdapat keterbatasan pada aspek layanan tambahan yang ditawarkan. Jika dibandingkan dengan kedua penelitian tersebut, aplikasi Manten-Ku memiliki cakupan yang lebih luas karena tidak hanya menyediakan layanan penyewaan, tetapi juga mencakup pemesanan paket, pengelolaan data, hingga pembuatan laporan. Namun demikian, hasil kepuasan pengguna yang hanya mencapai 69% menunjukkan adanya celah (*gap*) pada aspek *customer service* dan *user experience*. Hal ini menegaskan bahwa meskipun sistem lebih komprehensif, kompleksitas yang lebih tinggi justru menuntut peningkatan kualitas pelayanan

dan kemudahan penggunaan agar aplikasi dapat memberikan manfaat yang maksimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil pengujian *Black Box testing* serta *User Accepted Testing* (UAT) pada aplikasi Manten-Ku, diperoleh tingkat keberhasilan sebesar 94% yang menandakan bahwa seluruh fungsi sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan, sedangkan hasil uji kuesioner dengan skala 5 menunjukkan rerata kepuasan pengguna sebesar 69,28% menunjukkan bahwa aplikasi dapat diterima oleh pengguna dan dinilai cukup membantu dalam proses pemesanan, promosi, serta pengolahan data pada Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara.. Penerapan aplikasi ini mempermudah dan mempercepat pelanggan dalam melakukan pemesanan tanpa harus datang langsung ke tempat, serta memberikan informasi yang akurat mengenai harga paket yang ditawarkan. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, Nita *Wedding Organizer* menunjukkan tingkat kepuasan pengguna lebih tinggi karena sistemnya lebih sederhana, hanya berfokus pada penyewaan pakaian dan dekorasi, sementara penelitian Hannan Lusti & Fajar Masya memperoleh respon positif karena mampu mentransformasi proses manual ke digital meskipun masih terdapat keterbatasan pada layanan tambahan. Aplikasi Manten-Ku memiliki cakupan lebih luas karena mencakup pemesanan paket, pengelolaan data, hingga pembuatan laporan, namun kepuasan pengguna yang hanya mencapai 69% menunjukkan adanya celah pada aspek *customer service* dan *user experience*, menegaskan bahwa kompleksitas sistem menuntut peningkatan kualitas pelayanan dan kemudahan penggunaan. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan fitur notifikasi otomatis dan integrasi pembayaran *online*, mengoptimalkan *user interface* dan pengalaman pengguna, menambahkan modul *customer service* berbasis *chat*, serta melakukan analisis data penggunaan untuk memberikan rekomendasi layanan yang lebih personal kepada pelanggan.

Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi selama proses penelitian, pihak Khalisa Muslim Wedding Banjarnegara atas izin, kerja sama, dan informasi yang diberikan, serta keluarga tercinta yang senantiasa mendukung dan memberikan semangat. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penelitian ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. Prawitasari, I. K. A. Rama Dana, and N. L. P. Sariani, "Pendampingan dan Pelatihan Digital Marketing Sebagai Media Pemasaran Happy Bali Wedding," *Jurnal Edukasi dan Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 2, no. 2, pp. 66–69, 2023, doi: 10.35914/jepkm.v2i2.65.
- [2] H. Lusti and F. Masya, "Analisa Perancangan Sistem Informasi Pemesanan pada Wedding Organizer Berbasis Web (Studi Kasus: Jfs Wedding Organizer Cakung)," *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)* 2020.
- [3] T. Wahyuni, I. Indriyanti, E. Ermawati, H. Fatah, and N. Ichsan, "Rancang Bangun Sistem Penyewaan Baju Dan Dekorasi Berbasis Web Pada Nita Wedding Organizer," *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 16, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.35969/interkom.v16i1.91.
- [4] P. A. Pratiwi, F. Mashalani, M. Hafizhah, and A. Batrisyia, "Mengungkap Metode Observasi Yang Efektif Menurut Pra-Pengajar EFL," *Mutiara : Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, vol. 2, no. 1, 2024.
- [5] R.A Fadhalah, *WAWANCARA*. Jakarta Timur: UNJ PRESS, 2020.
- [6] K. Khalimaturofi'ah, H. R. Rahmawati, and Faizin Ahmad, "Aplikasi CSR (Corporate Social Responsibility) Dinas Sosial PPPA Kabupaten Banjarnegara Berbasis Website," *Insect (Informatics and Security): Jurnal Teknik Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 79–87, 2025, doi: 10.33506/insect.v11i1.4249.
- [7] Mitha Nafisatur, "Metode Pengumpulan Data Penelitian," *Metode Pengumpulan Data Penelitian*, vol. 1, no. 1, 2024.
- [8] L. F. Viera Valencia and D. Garcia Giraldo, "KUISSIONER PENELITIAN," *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., vol. 2, no. 6, pp. 951–952, 2019.
- [9] D. T. Haniva, J. A. Ramadhan, and A. Suharso, "Systematic Literature Review Penggunaan Metodologi Pengembangan Sistem Informasi Waterfall, Agile, dan Hybrid," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 36–42, 2023, doi: 10.26740/jieet.v7n1.p36-42.
- [10] D. P. Aji, Sopian, *Perancangan Sistem Informasi Menggunakan Metode Waterfall*, vol. 53, no. 9. 2021.
- [11] Daun, "Metode Waterfall – Definisi dan Tahap-tahap Pelaksanaannya," 2022.
- [12] G. D. Robbani, G. F. Al-fatih, F. A. Hakim, F. Z. Alaina, and F. Y. Pristanti, "Analisis Pengembangan Logika Dan Kreativitas Peserta Didik Melalui Penggunaan Aplikasi Draw . Io Sebagai Media Visualisasi Algoritma," *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia (JPPI)*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [13] M. N. M. Al-Faruq, S. Nur'aini, and M. H. Aufan, "FIGMA," *Walisongo Journal of Information Technology*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [14] A. Zalukhu, P. Swingly, and D. Darma, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *Jurnal Teknologi, Informasi dan Industri*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [15] Y. Indarta, D. Irfan, M. Muksir, W. Simatupang, and F. Ranuharja, "Analisis dan Perancangan Database Menggunakan Model Konseptual Data Warehouse Sistem Manajemen Transaksi Toko Online Haransaf," *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, vol. 3, no. 6, 2021, doi: 10.31004/edukatif.v3i6.1477.
- [16] E. D. Sumanik, A. S. Renyaan, and R. Kmur, "Perancangan E-Learning Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Bahasa Inggris Berbasis Web," *Innovative: Journal Of Social ...*, vol. 3, no. 4, 2023.
- [17] K. Rofi'ah, "Perancangan Sistem Informasi Pemasaran Pada AO Chicken," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 76–80, 2022, doi: 10.30591/smartcomp.v11i1.3229.

- [18] R. A. Pradipta, P. B. Wintoro, and D. Budiyanto, "PERANCANGAN PEMODELAN BASIS DATA SISTEM INFORMASI SECARA KONSEPTUAL DAN LOGIKAL," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 10, no. 2, p. 127, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i2.2541.
- [19] N. L. G. P. Suwirmayanti, I. K. A. A. Aryanto, I. G. A. N. W. Putra, N. K. Sukerti, and R. Hadi, "Penerapan Helpdesk System dengan Pengujian Blackbox Testing," *Jurnal Ilmiah Intech : Information Technology Journal of UMUS*, vol. 2, no. 02, pp. 55–64, 2020, doi: 10.46772/intech.v2i02.290.
- [20] N. Hartono, A. A. Muin, and H. Passolongi, "Implementasi User Accepted Test pada Pengujian Sistem Informasi Daerah Rawan Kriminalitas," *Journal Software, Hardware and Information Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 38–50, 2023, doi: 10.24252/shift.v3i1.80.
- [21] M. A. Dzaky, Junaedy, and I. A. Musdar, "Analisis Dan Perancangan UI/UX pada Startup Renovaction Menggunakan Metode User Centered Design," *KHARISMA Tech*, vol. 17, no. 1, pp. 16–30, 2022, doi: 10.55645/kharismatech.v17i1.171.

Published by :

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri

Jln. Raya Lenteng Agung, no. 20, Srengseng Sawah, Jagakarsa,
Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12640

Telp. 021 - 786 3191 WhatsApp. 0851 7444 3360

