

Jurnal Informatika Terpadu

Volume 12 No. 1, Maret 2026



Jurnal Informatika Terpadu

Jurnal Informatika Terpadu memuat jurnal ilmiah di bidang Ilmu Komputer, Sistem Informasi dan Teknik Informatika. Jurnal Informatika Terpadu diterbitkan oleh LPPM STT Terpadu Nurul Fikri dengan periode dua kali dalam setahun, yakni pada bulan Maret dan September. Jurnal Informatika Terpadu Telah terakreditasi nasional Sinta 5 sesuai dengan SK Nomor 105/E/KPT/2022 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.

Ketua Penyunting (*Editor-in-chief*)

Dr. Sirojul Munir, S.Si., M.Kom.

STT Terpadu Nurul Fikri

Dewan Penyunting (*Editorial Board Member*)

Hilmy Abidzar Tawakal, S.T., M.Kom.
STT Terpadu Nurul Fikri

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

Dr. Suhendi, S.T., S.Kom., M.M.S.I.
STT Terpadu Nurul Fikri

Zaki Imaduddin, S.T., M.Kom.
STT Terpadu Nurul Fikri

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

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

Dr. Ali Khumaidi, S.Kom., M.Kom.
Universitas Bina Insani

Kiki Ahmad Baihaqi, M.Kom.
Universitas Buana Perjuangan

Mitra Bestari (*Reviewer*)

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

Firdha Aprilyani, S.Kom., M.Kom.
STMIK Antar Bangsa

Chairun Nas, S.Kom., M.Kom.
Universitas Catur Insan Cendekia

Muchlis, M.Kom.
STMIK Antar Bangsa

Wiwit Supriyanti, M.Kom.
Politeknik Indonusa Surakarta

Agus Prasetyo M, S.E., M.M.
STT Terpadu Nurul Fikri

Krisna Panji, S.Kom., M.M.
STT Terpadu Nurul Fikri

F Rachmat Kautsar, S.Tp., M.E.
STT Terpadu Nurul Fikri

Davied Wahyu W., S.Kom., M.M.
STT Terpadu Nurul Fikri

Tri Mukhlison Anugrah, S.E., M.M.
STT Terpadu Nurul Fikri

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

Betty Amalia, S.E., M.M.
STT Terpadu Nurul Fikri

Alwendi, S.Kom, M.Kom.
Universitas Graha Nusantara

Bambang Riono Arsad, S.Kom., MMSI.
Universitas Pancasila

Fajar Mahardika, S.Kom., M.Kom.
Politeknik Negeri Cilacap

Mamok Andri Senubekti, M.Kom.
Universitas Teknologi Digital

Agus Junaidi, M.Kom.
Universitas Bina Sarana Informatika

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

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

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

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

Dr. Deden Sumirat Hidayat, M.Kom.
Badan Riset dan Inovasi Nasional;
Universitas Esa Unggul

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

Dr. Hendra Cipta, S.Pd.I., M.Si
Universitas Islam Negeri Sumatera
Utara

Penyunting Pelaksana (*Assistant Editors*)

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

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

Hilmia Zahra, S.T.
STT Terpadu Nurul Fikri

Fasyikhatun Maidah, S.Kom
STT Terpadu Nurul Fikri

Jurnal Informatika Terpadu telah ter indeks oleh Google Scholar, Index Copernicus International, SINTA, dan Garuda. 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/jit/> dan lppm.nurulfikri.ac.id

Jurnal Informatika Terpadu
Volume 12 No. 1, Maret 2026

Daftar Isi

Perancangan dan Pengembangan Sistem Informasi Permintaan ATK untuk PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	1
Yopy Renaldi, Ahmad Jurnaidi Wahidin, Yusuf Unggul Budiman, Risa Prayudhi	
Analisis Sentimen Kontaminasi Radioaktif di Kawasan Industri Cikande Menggunakan Algoritma <i>Support Vector Machine</i>	8
Taufik Ramlan Alfiansyah, Audy Abdillah Hidayat, Alfarezi Hidayat Pratama, Agil Aqshol Mahenda, Muhammad Rafly	
Penyusunan <i>Roadmap</i> Strategis Tata Kelola TI LMS Sinau Berdasarkan <i>Maturity Level</i> COBIT 2019	17
Irma Santikarama, Faiza Renaldi, Dea Destiani	
Aplikasi <i>WebAR</i> Berbasis <i>Marker</i> untuk Visualisasi Tengkorak Manusia Tiga Dimensi pada Pembelajaran IPA	28
Muhammad Azrul Wicaksono, Rohman Dijaya	
Pengembangan Sistem Terintegrasi Klinik dan Aplikasi Manajemen Obat Menggunakan <i>Application Programming Interface</i> (API)	38
Elvi Ningsih Telaumbanua, Fasrian Mauren Niella Hura, Juang Anjes Putra Telaumbanua, Carolina Sayangi Cahaya Waruwu, Syukur Famta Febriman Hura	
Deteksi Perokok Menggunakan Algoritma <i>You Only Look Once</i> (YOLO) dan <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	45
Aprilian Gevindo, Syafri Arlis	
Sistem Pakar untuk Diagnosis <i>Acne Vulgaris</i> dan Tingkat Keparahannya Berbasis Web Menggunakan Metode <i>Certainty Factor</i>	57
Azwa Guntara, Jesika Citra Ayu	
Komparasi Model ARIMA, Regresi Linear, <i>Random Forest</i>, dan LSTM untuk Peramalan Harga Beras Jawa Barat	70
Marsello Ormanda, Irfan Ardiansah	
Pengembangan Sistem Informasi CSIRT Berbasis Web Menggunakan <i>Framework</i> Laravel dengan Metode <i>Prototyping</i> pada Diskominfo Purwakarta	77
Muhammad Rifky Akbar, Aidah Nur Fadhilah, Aji Primajaya	
Sistem Pendukung Keputusan untuk Deteksi Dini Faktor Risiko <i>Stunting</i> pada Ibu Hamil dengan Metode SAW	85
Dwidya Poernareksa, Faizah Wardhina, Uswatun Hasanah, Ledy Ramadhaningsih	



PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI PERMINTAAN ATK UNTUK PT. WILMAR BIOENERGI INDONESIA

Yopy Renaldi¹, Ahmad Jurnaidi Wahidin², Yusuf Unggul Budiman³, Risa Prayudhi⁴

^{1,2,3,4}Teknologi Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika
Jakarta Pusat, DKI Jakarta, Indonesia 10450

yopirenaldi00@gmail.com, ahmad.ajn@bsi.ac.id, yusuf.yub@bsi.ac.id, risa.rpi@bsi.ac.id

Abstract

The research problem addressed in this study is the manual process of requesting and recording office stationery (ATK) at PT. Wilmar Bioenergi Indonesia, which leads to process delays, data inaccuracies, and difficulties in reporting. This study aims to design and implement a web-based ATK request information system to support more effective and efficient administrative management. The prototype method was employed, with data collected through observation, interviews, and literature review. The system was developed using PHP, MySQL, and the Bootstrap framework, and evaluated using Black Box Testing. The results indicate that the system supports integrated ATK request submission, approval, and reporting processes, with all main features functioning as expected. The contribution of this study lies in providing a web-based ATK request information system model that enhances internal administrative effectiveness and can serve as a reference for developing ATK request management systems in similar organizations.

Keywords: Black Box Testing, Information System, Office Supplies, Prototype Method, Web-Based Application

Abstrak

Permasalahan penelitian ini adalah proses permintaan dan pencatatan alat tulis kantor (ATK) di PT. Wilmar Bioenergi Indonesia yang masih dilakukan secara manual, sehingga menyebabkan keterlambatan proses, ketidakakuratan data, dan kesulitan dalam pelaporan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem informasi permintaan ATK berbasis web yang dapat mendukung pengelolaan administrasi secara lebih efektif dan efisien. Metode yang digunakan adalah *prototype*, dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka. Sistem dikembangkan menggunakan PHP, MySQL, dan *framework* Bootstrap, serta diuji menggunakan metode Black Box Testing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung proses pengajuan, persetujuan, dan pelaporan permintaan ATK secara terintegrasi, dengan seluruh fitur utama berfungsi sesuai kebutuhan pengguna. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan model sistem informasi permintaan ATK berbasis web yang dapat meningkatkan efektivitas administrasi internal dan menjadi referensi pengembangan sistem manajemen permintaan ATK pada organisasi sejenis.

Kata Kunci: Alat Tulis Kantor, Aplikasi Berbasis Web, Metode *Prototype*, Pengujian *Black Box*, Sistem Informasi

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat mendorong organisasi, baik skala besar maupun kecil, untuk mengoptimalkan proses bisnis melalui sistem informasi terkomputerisasi. Sistem informasi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pengolahan data, mengurangi kesalahan pencatatan manual, serta menyediakan informasi yang akurat bagi pengambilan keputusan [1][2]. Salah satu aspek penting dalam operasional perusahaan adalah pengelolaan alat tulis kantor (ATK). ATK merupakan kebutuhan dasar yang mendukung aktivitas administratif sehari-hari, pengelolaan yang tidak optimal dapat menyebabkan keterlambatan pelayanan, ketidaksesuaian stok, dan pemborosan biaya operasional [3][4]. PT. Wilmar

Bioenergi Indonesia, sebagai perusahaan di bidang energi terbarukan, masih menerapkan metode manual dalam proses permintaan dan pencatatan ATK. Proses permintaan antar-divisi dilakukan melalui formulir kertas dan komunikasi verbal, yang sering menimbulkan kehilangan data, keterlambatan penyediaan barang, serta ketidakakuratan rekapitulasi permintaan. Kondisi tersebut menunjukkan ketidaksesuaian antara kebutuhan sistem yang efisien dan praktik kerja yang masih bersifat manual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang sistem informasi permintaan ATK berbasis web yang mendukung proses administrasi secara lebih efektif, efisien, dan terdokumentasi.

Permasalahan penelitian ini meliputi perancangan sistem informasi untuk pengelolaan data permintaan, pengeluaran, dan persediaan ATK secara efektif. Peningkatan kemudahan pencatatan dan pelaporan agar lebih cepat, akurat, dan terdokumentasi, serta pemenuhan fungsionalitas sistem berdasarkan pengujian Black Box Testing. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan rancangan sistem informasi permintaan ATK berbasis web yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, menggantikan proses manual dengan sistem terkomputerisasi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi, serta menyediakan fitur pencatatan dan pelaporan otomatis bagi admin dan karyawan.

Penelitian ini dibatasi pada perancangan sistem informasi permintaan ATK berbasis *website* dengan menggunakan *framework* Bootstrap. Sistem mencakup proses pengajuan permintaan ATK oleh karyawan, pengelolaan data oleh admin, serta pencetakan laporan. Penelitian ini tidak membahas aspek keamanan jaringan dan tidak mencakup permintaan barang di luar kebutuhan ATK internal perusahaan. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem informasi sejenis, di antaranya penelitian [5] yang merancang sistem penjualan ATK berbasis *website* dan terbukti meningkatkan kepuasan pengguna. Penelitian [6] mengembangkan aplikasi pengelolaan ATK berbasis desktop yang terintegrasi dengan server pusat untuk memudahkan pencarian data. Selain itu, penelitian [7] mengembangkan sistem informasi penjualan berbasis web menggunakan metode *prototype* dan memperoleh hasil *usability* yang sangat baik.

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada sistem penjualan atau inventaris ATK, penelitian ini menitikberatkan pada perancangan sistem informasi permintaan ATK yang mendukung proses administrasi internal antar-divisi dalam lingkungan perusahaan. Penelitian ini menawarkan sudut pandang efisiensi alur permintaan dan transparansi proses persetujuan sebagai bagian dari pengendalian operasional. Metode *prototype* diterapkan secara iteratif dengan melibatkan pengguna untuk menyesuaikan sistem terhadap kebutuhan nyata proses permintaan ATK, khususnya pada tahap pengajuan, validasi stok, persetujuan, dan pelaporan. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan model implementasi sistem informasi permintaan ATK berbasis web yang dapat meningkatkan efektivitas administrasi, akurasi data, dan dokumentasi, serta berpotensi dijadikan referensi bagi perusahaan sejenis dalam mengelola kebutuhan operasional internal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian rekayasa sistem informasi dengan pendekatan metode *prototyping*, karena metode ini memungkinkan pengembang dan pengguna berinteraksi langsung dalam proses pengembangan, sehingga sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna [8]. Tahapan *prototyping*

meliputi perencanaan, desain awal, pembangunan prototipe, evaluasi, iterasi penyempurnaan, hingga implementasi.

2.1 Pengumpulan Data

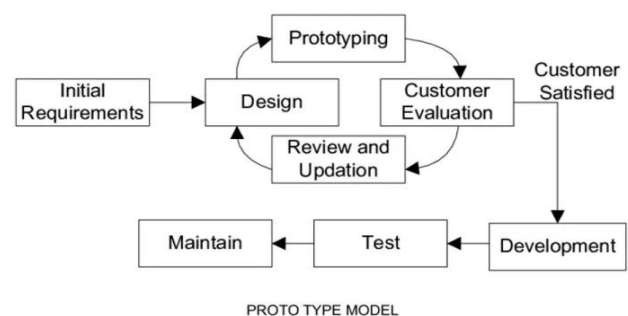
Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama, yaitu observasi, wawancara, dan studi pustaka. Observasi digunakan untuk mengamati secara langsung proses permintaan ATK yang masih dilakukan secara manual, sehingga dapat diketahui kelemahan sistem yang berjalan [9]. Wawancara dilakukan dengan pihak yang terlibat dalam pengelolaan ATK untuk mendapatkan informasi yang lebih detail mengenai kendala yang dihadapi [10]. Sedangkan studi pustaka dilakukan dengan menelaah literatur terkait sistem informasi, metode pengembangan perangkat lunak, dan manajemen ATK, guna memperkuat dasar teoritis penelitian [11].

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari lembar observasi dan pedoman wawancara sebagai alat pengumpulan data primer. Selain itu, perangkat lunak berupa *framework* Bootstrap, bahasa pemrograman PHP, *database* MySQL, dan server XAMPP digunakan untuk membangun sistem.

Metode pengujian yang digunakan adalah *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada *input* dan *output* sistem untuk memverifikasi apakah fungsi-fungsi telah berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna tanpa memperhatikan kode program [12]. Pengujian dilakukan pada fitur *login*, pengelolaan data, pengajuan permintaan, hingga pencetakan laporan.

Subjek penelitian adalah karyawan dan admin di PT. Wilmar Bioenergi Indonesia yang terlibat langsung dalam proses permintaan ATK. Terdapat lima divisi yang secara rutin melakukan pengajuan, dengan karakteristik subjek penelitian berupa staf administrasi dan karyawan yang terbiasa menggunakan sistem manual, namun membutuhkan solusi sistem yang lebih efisien.

2.2 Model Pengembangan Software



Gambar 1. Model *Prototype*

Tahapan-tahapan penelitian dengan metode *prototyping* pada Gambar 1 dijelaskan sebagai berikut.

a) Perencanaan (*Planning*)

Pada tahap ini ditentukan tujuan dan ruang lingkup penelitian. Hasil observasi menunjukkan bahwa sistem manual permintaan ATK di PT. Wilmar Bioenergi Indonesia masih menimbulkan berbagai permasalahan, seperti keterlambatan, kehilangan data, dan ketidakakuratan rekapitulasi [9].

b) Desain Awal (*Initial Design*)

Desain awal dibuat dalam bentuk rancangan sistem berbasis web menggunakan PHP, MySQL, dan Bootstrap. Pada tahap ini dihasilkan rancangan UML seperti *use case diagram*, *activity diagram*, *class diagram*, serta rancangan basis data ERD yang menggambarkan kebutuhan utama sistem [13].

c) Pembuatan Prototipe (*Prototype Development*)

Rancangan sistem kemudian direalisasikan ke dalam bentuk aplikasi awal yang mencakup fitur *login*, pengelolaan data *user*, manajemen ATK, pengajuan permintaan, persetujuan admin, serta pencetakan laporan.

d) Uji Coba dan Evaluasi (*Testing and Evaluation*)

Prototipe diuji menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan setiap fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Pengujian ini berfokus pada *input* dan *output* sistem tanpa melihat kode program, dan hasilnya menunjukkan bahwa fitur utama dapat berfungsi dengan baik [12].

e) Iterasi dan Penyempurnaan (*Iteration and Refinement*)

Berdasarkan umpan balik pengguna, dilakukan penyempurnaan tampilan antarmuka agar lebih *user-friendly* dan penyesuaian alur kerja sistem agar lebih efisien.

f) Implementasi (*Implementation*)

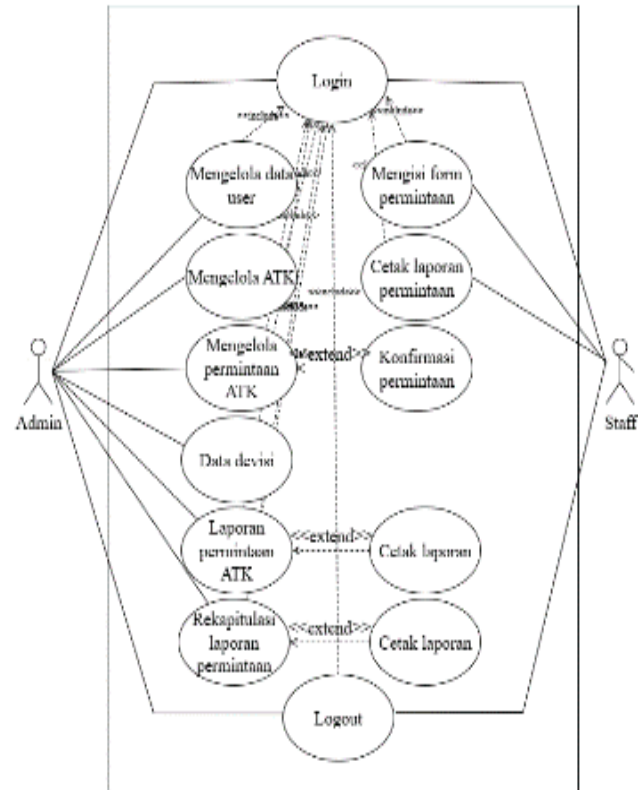
Tahap akhir adalah implementasi sistem berbasis web yang telah melalui pengujian dan penyempurnaan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan efisiensi, mengurangi kesalahan pencatatan, serta mempercepat proses pelaporan di PT. Wilmar Bioenergi Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem informasi permintaan alat tulis kantor (ATK) berbasis web yang dikembangkan dengan metode *prototyping*. Sistem yang dibangun mencakup beberapa modul utama, yaitu *login*, pengelolaan data *user*, pengelolaan data ATK, pengajuan permintaan ATK, persetujuan oleh admin, serta pencetakan laporan. Hasil pengembangan ini menjawab permasalahan utama yang ditemukan di PT. Wilmar Bioenergi Indonesia, yaitu keterlambatan, kehilangan data, dan ketidakakuratan dalam pencatatan manual [9].

3.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem yang dikembangkan. Diagram ini menunjukkan fungsionalitas utama sistem berdasarkan peran pengguna, sehingga memudahkan dalam memahami kebutuhan sistem [14].

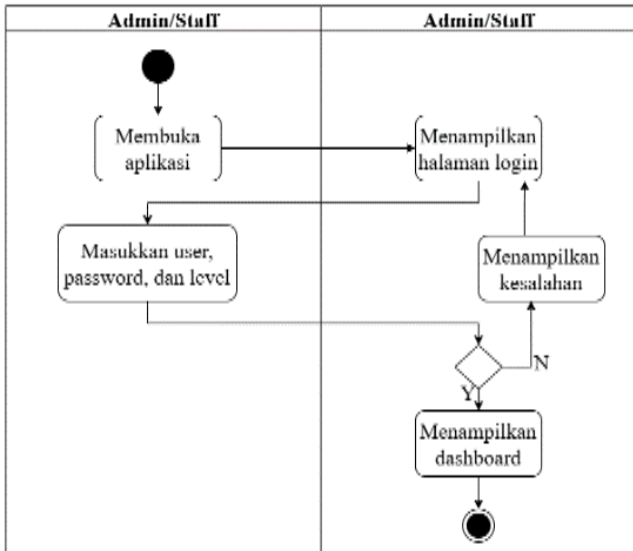


Gambar 2. Use Case Diagram

Dari gambar 2 diagram tersebut terlihat bahwa *user* dan *admin* memiliki fungsi yang berbeda namun saling berhubungan. *User* berperan sebagai pihak yang membutuhkan ATK, sedangkan *admin* berfungsi sebagai pengelola dan pengendali distribusi ATK. Hubungan interaksi antar aktor dan sistem ini memperjelas alur kebutuhan serta batasan sistem yang dikembangkan [15].

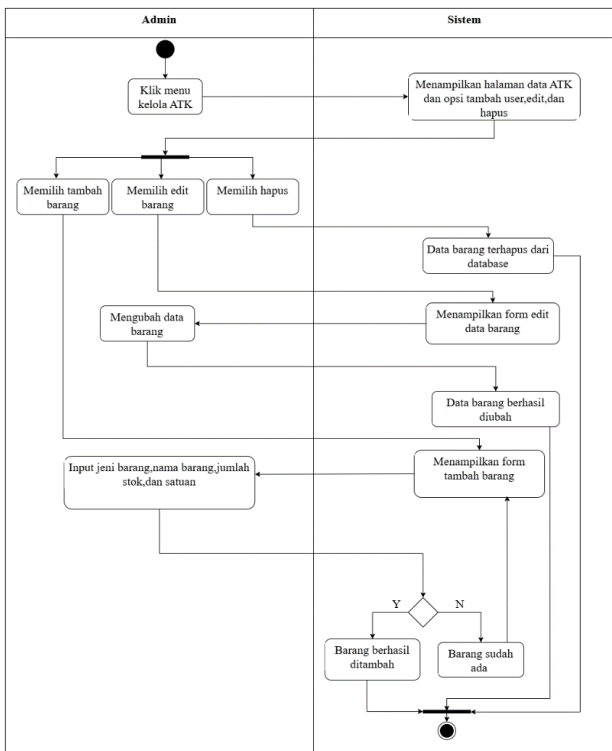
3.2 Activity Diagram

UML (*Unified Modelling Language*) merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan dalam proses pengembangan perangkat lunak sebagai cetak biru sistem. Salah satu jenis diagram dalam UML adalah *activity diagram*, yang berfungsi untuk menggambarkan alur aktivitas dalam suatu proses. Dalam *activity diagram*, setiap simbol merepresentasikan *stereotype* aktivitas tertentu. Alurnya biasanya dimulai dari *input* berupa sumber daya di sisi kiri, kemudian menunjukkan *output* yang dihasilkan pada sisi kanan [16].



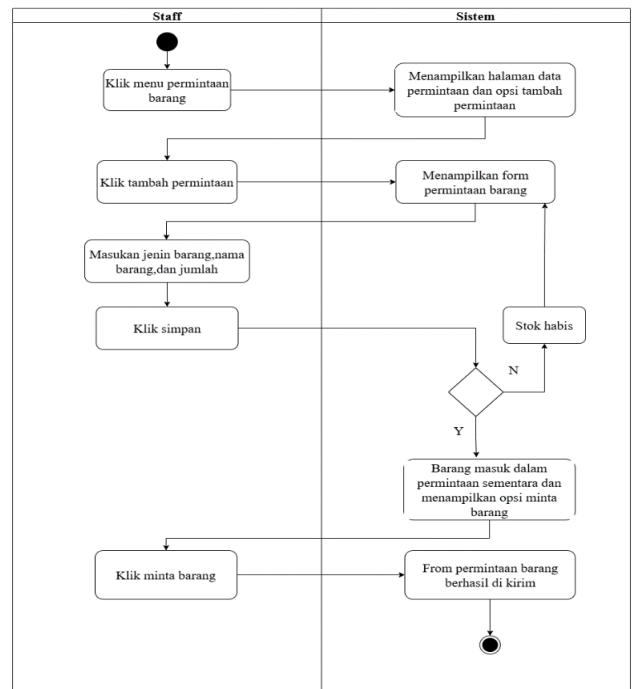
Gambar 3. Activity Diagram Login

Pada gambar 3 menjelaskan proses login pengguna (Admin/Staf) ke dalam sistem. Proses dimulai ketika pengguna membuka aplikasi, lalu sistem menampilkan halaman login. Pengguna kemudian memasukkan *username*, *password*, dan *level* akses. Setelah itu, sistem memverifikasi data yang dimasukkan. Jika data valid (Y), sistem akan menampilkan *dashboard* sesuai *level* pengguna. Jika data tidak valid (N), sistem akan menampilkan pesan kesalahan.



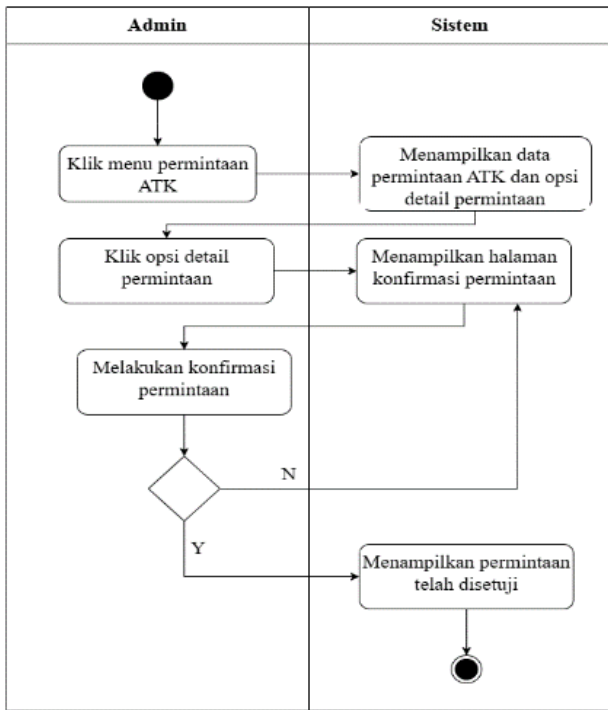
Gambar 4. Activity Diagram Tambah ATK

Pada gambar 4 *Activity diagram* ini menggambarkan proses yang dilakukan oleh admin dalam mengelola data ATK (Alat Tulis Kantor) melalui sistem, dimulai dari memilih menu ATK, menambah stok barang, melakukan pembaruan data, hingga menghapus data. Admin akan mengisi informasi seperti jenis, nama barang, jumlah stok, dan satuan. Selanjutnya, sistem secara otomatis menyimpan atau memperbarui data di *database* sesuai dengan aksi yang dipilih oleh admin. Apabila admin memilih opsi pembaruan, sistem akan menampilkan formulir untuk mengubah data yang diperlukan. Sedangkan jika memilih opsi hapus, data akan langsung dihapus dari *database*. Alur ini penting untuk mendukung efisiensi kerja admin dan memastikan data barang selalu terbaru dengan baik dalam sistem.



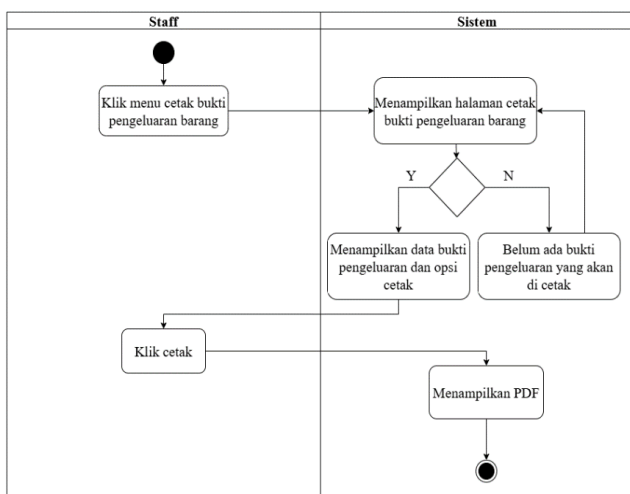
Gambar 5. Activity Diagram Permintaan ATK

Pada gambar 5 *Activity Diagram* di atas menggambarkan alur proses permintaan barang oleh staf melalui sistem. Proses dimulai saat staf memilih menu permintaan barang, dilanjutkan dengan memilih opsi tambah permintaan. Sistem kemudian menampilkan *form* permintaan barang yang harus diisi oleh staf dengan jenis barang ATK yang dibutuhkan. Setelah data ditambahkan dan disimpan, sistem melakukan validasi stok. Jika stok tersedia, barang akan masuk ke daftar permintaan sementara dan staf dapat melanjutkan dengan memilih tombol minta barang. Selanjutnya, sistem mengirim *form* permintaan barang dan proses selesai. Namun, jika stok tidak tersedia, sistem akan menampilkan informasi bahwa stok habis.



Gambar 6. Activity Diagram Konfirmasi Permintaan ATK

Pada gambar 6 menunjukkan alur proses yang dilakukan oleh administrator saat memproses permintaan barang dalam sistem. Proses dimulai dengan memilih menu permintaan barang, di mana sistem menampilkan data permintaan dan opsi detailnya. Setelah admin memilih detail permintaan, sistem menampilkan halaman konfirmasi yang memungkinkan mereka untuk menyetujui atau menolak permintaan tersebut. Setelah mereka melakukan konfirmasi, sistem menampilkan data permintaan serta opsi detailnya. Jika permintaan disetujui, sistem akan menampilkan data permintaan telah disetujui. Diagram ini membantu menjelaskan interaksi logis dan terstruktur antara sistem dan admin.

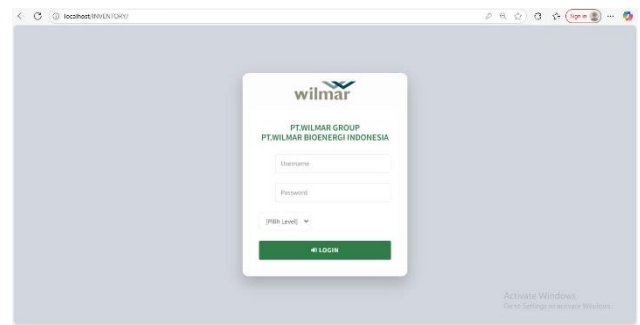


Gambar 7. Activity Diagram Cetak Bukti Pemintaan

Pada gambar 7 menggambarkan proses pencetakan bukti pengeluaran barang oleh staf melalui sistem. Proses dimulai saat staf memilih menu "cetak bukti pengeluaran barang",

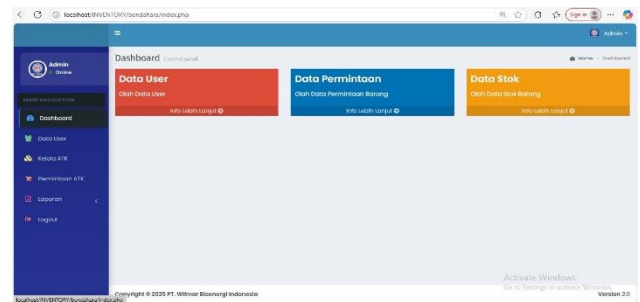
lalu sistem menampilkan halaman pencetakan. Sistem memeriksa apakah terdapat bukti pengeluaran yang bisa dicetak. Jika ada (Y), maka sistem menampilkan data bukti pengeluaran beserta opsi cetak, namun jika tidak ada (N), sistem akan menampilkan pesan bahwa belum ada bukti pengeluaran yang bisa dicetak. Jika data tersedia, staf dapat memilih tombol cetak, dan sistem akan menampilkan dokumen bukti pengeluaran dalam format PDF untuk dicetak atau disimpan.

3.3 Rancangan Tampilan Website



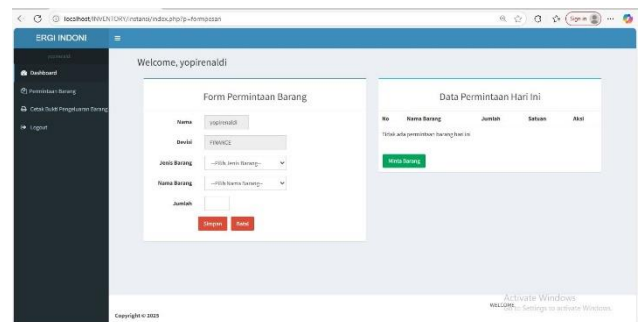
Gambar 8. Tampilan Halaman Login

Pada gambar 8, halaman ini digunakan untuk mengautentikasi pengguna sebelum masuk ke sistem. Pengguna memasukkan *username* dan *password* yang diverifikasi oleh sistem untuk menentukan hak akses.



Gambar 9. Tampilan Dashboard

Pada gambar 9, *dashboard* menampilkan ringkasan informasi, menu navigasi utama, dan notifikasi. Admin dapat langsung mengakses modul pengelolaan ATK, data pengguna, serta laporan.



Gambar 10. Tampilan Halaman Permintaan ATK

Pada gambar 10, *form* ini digunakan oleh staf untuk mengajukan permintaan ATK dengan mengisi jenis barang,

jumlah, dan keterangan. Sistem memvalidasi stok sebelum permintaan disimpan dan dikirim.



Gambar 11. Tampilan Bukti Permintaan Barang

Pada gambar 11, laporan dihasilkan secara otomatis berdasarkan data permintaan yang telah disetujui admin. Fitur ini mempermudah rekapitulasi dan dokumentasi.

3.4 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan metode *Black Box Testing* untuk memastikan fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna [17]. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian fitur utama:

Tabel 1. Pengujian Fitur Utama menggunakan *Black Box Testing*

No	Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Login	Sistem menolak akses jika salah <i>input</i>	Sesuai	Valid
2	Tambah Data ATK	Data baru tersimpan di <i>database</i>	Sesuai	Valid
3	Pengajuan Permintaan ATK	Permintaan tercatat dalam sistem	Sesuai	Valid
4	Persetujuan Admin	Permintaan dapat diterima/ditolak	Sesuai	Valid
5	Cetak Laporan	Laporan tercetak dalam format PDF	Sesuai	Valid

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem informasi permintaan alat tulis kantor (ATK) berbasis web di PT. Wilmar Bioenergi Indonesia menggunakan metode *prototyping*. Sistem yang dikembangkan mampu menggantikan proses manual dalam pengajuan dan pencatatan ATK dengan sistem terkomputerisasi yang lebih terstruktur dan terdokumentasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem informasi yang dirancang dapat membantu pengelolaan data permintaan, pengeluaran, dan persediaan ATK secara lebih efektif. Proses pencatatan dan pelaporan menjadi lebih sistematis karena seluruh data tersimpan dalam basis data terpusat dan dapat diakses sesuai hak pengguna.

Pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing* dilakukan terhadap lima fitur utama, yaitu *login*, pengelolaan data ATK, pengajuan permintaan, persetujuan admin, dan pencetakan laporan. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan, sehingga tingkat keberhasilan pengujian mencapai 100%.

Dengan demikian, sistem informasi permintaan ATK berbasis web ini terbukti memenuhi kebutuhan fungsional pengguna dan mendukung peningkatan efektivitas administrasi internal perusahaan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan pengukuran kuantitatif, seperti waktu proses dan tingkat efisiensi, serta pengujian *usability* untuk memperoleh evaluasi sistem yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. Maulan and D. Kurniawan, "Rancang Bangun Sistem Informasi Inventory Alat Tulis Kerja Berbasis Web Pada Ma Sabilunnajah," *J. Tek. Inform. DAN Multimed.*, vol. 2, no. 2, pp. 85–92, Oct. 2022.
- [2] S. H. Wibowo *et al.*, "Teknologi Digital di Era Modern," *Glob. Eksek. Teknol.*, 2023.
- [3] N. Muna and R. Suwanda, "Sistem Informasi Permintaan Alat Tulis Kantor Berbasis Web Pada PT Perta Arun Gas," *J. Rekayasa Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [4] I. D. Lestantri *et al.*, "Manajemen Proyek Teknologi Informatika (I)."
- [5] B. M. Janah, I. A. Ramadhani, and M. A. Kasri, "Perancangan Sistem Penjualan ATK Pada Toko Lia Education Center Berbasis Website," *J. PETISI (Pendidikan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 1, pp. 14–19, 2022.
- [6] W. P. Fitriyanto, T. T. Wulansari, F. Fahrullah, N. W. W. Sari, and D. Mirwansyah, "Aplikasi Pengelolaan Alat Tulis Kantor Pada PT. Harmoni Mitra Utama Samarinda Berbasis Desktop," *LOFIAN J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2022.
- [7] M. Syarif and D. Risdiansyah, "Pemanfaatan Metode Prototype Dalam Perancangan Sistem Informasi Penjualan Berbasis Website," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 4, pp. 7945–7952, 2024.
- [8] A. A. Muin, *Peran Sistem Informasi Dalam Transformasi Digital*. Lombok Tengah: Penerbit P4I, 2025.
- [9] M. K. Prof. Dr. Fahmi Rizal, M.Pd., M.T., Dr. Muhammad Ihsan, *Metodologi Penelitian Kuantitatif Pendidikan Kejuruan*. Indonesian: Merdeka Kreasi Group, 2023.
- [10] A. Saádi, "Pengumpulan Data Yang Efisien pada Penelitian Tindakan Kelas: Teknik, Alat, dan

- Tantangan,” *Al-Amin J. Ilmu Pendidik. dan Sos. Hum.*, vol. 2, no. 2, pp. 90–108, 2025.
- [11] M. W. Ilhami, W. V. Nurfajriani, A. Mahendra, R. A. Sirodj, and M. W. Afgani, “Penerapan metode studi kasus dalam penelitian kualitatif,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 10, no. 9, pp. 462–469, 2024.
- [12] M. Mintarsih, “Pengujian Black Box Dengan Teknik Transition Pada Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Dengan Metode Waterfall Pada SMC Foundation,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 33–35, 2023.
- [13] I. K. S. Aniek Suryanti Kusuma, Ni Nyoman Parwati, I Made Tegeh, *Buku Ajar Analisis Desain Sistem Informasi Berbasis Tri Hita Karana*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [14] F. N. Hasan, E. Nurlalah, and Y. Bachtiar, “Implementasi Framework CodeIgniter 4 Pada Aplikasi Inventory Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall,” *IJCIT (Indonesian J. Comput. Inf. Technol.)*, vol. 9, no. 1, 2024.
- [15] H. Hariandi and H. S. Kasimo, “Sistem Informasi Persediaan Barang Menggunakan Framework Laravel, Studi Kasus: Toko Smile Tech Atk Pontianak,” in *SISITI: Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2023, vol. 12, no. 1, pp. 194–202.
- [16] S. W. Ramdany, S. A. Kaidar, B. Aguchino, C. Amelia, A. Putri, and R. Anggie, “Penerapan UML Class Diagram dalam Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web,” *J. Ind. Eng. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 30–41, 2024.
- [17] A. Diandi, F. Chandra Aditya Putri, I. Fairuza, and N. Qurrota Ayuni, “Perancangan Sistem Informasi Inventaris Barang Berbasis Web Dengan Pendekatan Agile Software di PT. Cahaya Emas Sentosa Indonesia,” *J. Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 9–19, 2024.



ANALISIS SENTIMEN KONTAMINASI RADIOAKTIF DI KAWASAN INDUSTRI CIKANDE MENGGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Taufik Ramlan Alfiansyah¹, Audy Abdillah Hidayat², Alfarezi Hidayat Pratama³, Agil Aqshol Mahenda⁴, Muhammad Rafly⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika
Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424

taufikramlan3590@gmail.com, audyhidayat31@gmail.com, alfarezihidayat4@gmail.com,
agilaqsholmahenda@gmail.com, muhammadrffy919@gmail.com

Abstract

The suspicion of radioactive contamination in the Cikande industrial area has prompted a strong public reaction, as shown by the many comments on TikTok. This research aims to understand how people feel about this issue and to measure how well the Support Vector Machine (SVM) algorithm classifies opinions. The data used comes from 3,160 comments collected via web scraping, then processed through several steps, including cleaning text, normalizing, separating words, deleting common words, and summarizing words, before using the TF-IDF method for representation. Comments were then labelled using a lexicon-based method, which showed that 70.79% were negative and 29.21% were positive. Modelling was carried out using SVM on training and test data in an 80:20 ratio. The results show that the model achieved an accuracy of 89% and recognized both sentiment types well. In general, negative comments expressed greater concern about health and environmental impacts, and a lack of confidence in how waste is managed, while positive comments emphasized the importance of scientific verification and official monitoring. These findings indicate the need for clearer, more consistent, and data-based communication about risks to reduce public concerns and increase public trust.

Keywords: *Cikande, Radioactive Contamination, Sentiment Analysis, Support Vector Machine, TikTok*

Abstrak

Dugaan ada kontaminasi radioaktif yang mencemari kawasan industri Cikande membuat masyarakat bereaksi keras, yang terlihat dari banyaknya komentar di TikTok. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sentimen publik terhadap isu tersebut serta mengevaluasi kinerja algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dalam mengklasifikasikan opini secara otomatis. Data yang digunakan berasal dari 3.160 komentar yang dikumpulkan dengan cara *web scraping*, lalu diproses melalui beberapa langkah seperti membersihkan teks, normalisasi, pemisahan kata, menghapus kata umum, dan merangkum kata sebelum digunakan metode TF-IDF untuk representasi. Komentar kemudian diberi label menggunakan cara berdasarkan leksikon, yang menunjukkan 70.79% komentar bersifat negatif dan 29.21% bersifat positif. Pemodelan dilakukan dengan SVM menggunakan data latih dan uji dengan perbandingan 80:20. Hasilnya menunjukkan bahwa model berhasil mendapatkan akurasi sebesar 89% dan bisa dengan baik mengenali kedua jenis sentimen. Secara umum, komentar negatif lebih banyak mengungkapkan kekhawatiran terhadap kesehatan, dampak lingkungan, dan kurangnya kepercayaan terhadap cara pengelolaan limbah, sementara komentar positif menekankan pentingnya verifikasi secara ilmiah dan pemantauan resmi. Temuan ini menunjukkan perlunya komunikasi tentang risiko yang lebih jelas, konsisten, dan berdasarkan data agar bisa mengurangi kekhawatiran masyarakat dan meningkatkan kepercayaan publik.

Kata kunci: Analisis Sentimen, Cikande, Kontaminasi Radioaktif, *Support Vector Machine*, TikTok

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri modern telah memberikan keuntungan bagi ekonomi, tetapi di sisi lain juga bisa menyebabkan masalah besar bagi lingkungan, salah satunya

adalah bahaya dari radiasi. Daerah industri yang sangat aktif, seperti Cikande di Banten, bisa terpapar limbah radioaktif karena aktivitas pabrik, penelitian, dan pengangkutan bahan berbahaya. Masalah seperti radiasi dan

pencemaran ini sering membuat masyarakat khawatir, terutama ketika informasi resmi dianggap tidak jelas. Dalam hal ini, media sosial seperti TikTok menjadi tempat bagi masyarakat untuk berbagi pendapat, sentimen, dan pandangan mereka tentang isu lingkungan dan kesehatan. Menganalisis komentar-komentar ini menjadi cara baru untuk lebih cepat dan lebih baik memahami pandangan publik.

Analisis sentimen adalah cara menggunakan komputer untuk mengetahui apa pendapat orang tentang masalah atau hal tertentu. Dalam penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, analisis sentimen sering dipakai untuk melihat bagaimana pandangan masyarakat tentang kebijakan dari pemerintah dan layanan publik [1].

Pendekatan analisis sentimen juga diterapkan untuk menilai sistem informasi pendidikan. Seperti pada situs SISKAS, memakai algoritma *Naive Bayes* yang diperbaiki dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa gabungan tersebut dapat membuat ketepatan dalam mengklasifikasikan pendapat pengguna tentang kinerja sistem mencapai 90%, membuktikan bahwa teknik pembobotan TF-IDF dan pengolahan awal data teks efektif [2].

Analisis sentimen di media sosial sangat berguna untuk mengetahui bagaimana reaksi orang-orang terhadap masalah sosial dan keputusan pemerintah. Penelitian ini menunjukkan bahwa banyak orang lebih suka menggunakan media digital untuk mengungkapkan pendapat mereka dengan cepat, yang mencerminkan bagaimana mereka merasa dan seberapa percaya mereka terhadap lembaga yang bersangkutan [3].

Sampah radioaktif memiliki zat berbahaya seperti *strontium* dan *cesium*. Zat-zat ini bisa menyebabkan ionisasi yang merugikan pada tanah dan air, serta dapat menyebabkan kanker [4].

Pemantauan terbaru di salah satu daerah aliran sungai di kota menunjukkan bahwa *Cesium-137*, *Cobalt-60*, dan *Iodine-131* terdeteksi dalam jumlah yang sangat kecil dan lebih rendah dari standar yang ditetapkan. Contohnya, *Cesium-137* mudah menyebar dan *Cobalt-60/Iodine-131* biasanya digunakan dalam layanan kesehatan. Penjelasan lebih lanjut tentang radiasi menjelaskan sifat-sifat utama (seperti energi, waktu paruh, dan bahaya) serta dampak kesehatan jika terpapar (misalnya, risiko kanker akibat paparan *Cesium-137*) [5].

Sebuah studi [6] menggunakan analisis sentimen untuk melihat bagaimana orang Indonesia di Twitter merespons munculnya aplikasi Threads. Penelitian ini memberikan pandangan umum tentang reaksi publik terhadap aplikasi yang baru saja diluncurkan, dan hasilnya menunjukkan bahwa sentimen negatif lebih banyak muncul (71,2%) dibandingkan sentimen positif (28,8%).

Algoritma Support Vector Machine (SVM) adalah salah satu algoritma yang bisa dipakai untuk meramalkan harga saham, sebab pergerakan harga saham umumnya tidak mengikuti pola linier. Metode ini memiliki kelebihan karena tidak mengalami masalah *overfitting* dan bertujuan untuk menemukan *hyperplane* yang terbaik untuk memisahkan dua kelompok data [7]. Dalam konteks klasifikasi teks, SVM memiliki keunggulan signifikan karena kemampuannya menangani dimensi fitur yang sangat tinggi (*high-dimensional data*) yang dihasilkan dari representasi kata seperti TF-IDF. Selain itu, SVM terbukti efektif dalam memisahkan kelas yang tidak linier melalui penggunaan fungsi *kernel*, sehingga sangat andal dalam mengenali pola sentimen yang kompleks dalam bahasa alami meskipun dengan jumlah *dataset* yang terbatas.

Penelitian yang berbeda [8] yang memeriksa pendapat tentang aplikasi TikTok di *Google Playstore*, menyatakan bahwa analisis pendapat bisa digunakan dengan baik untuk melihat cara pandang pengguna. Hasil dari analisis ini bisa digunakan sebagai dasar untuk membuat keputusan yang penting dan menjadi acuan untuk meningkatkan kualitas aplikasi berdasarkan saran yang ditemukan dari pendapat pengguna.

Berdasarkan kajian dari berbagai riset sebelumnya, bisa dinyatakan bahwa studi tentang pencemaran radioaktif di daerah pabrik masih jarang dihubungkan dengan analisis pandangan masyarakat di sosial media. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah literatur tersebut dengan menganalisis sentimen publik terhadap dugaan pencemaran radioaktif di kawasan industri Cikande menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Selain itu, penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas algoritma SVM dalam mengklasifikasikan opini dari media sosial TikTok. Melalui pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi ilmiah mengenai persepsi risiko lingkungan di era digital serta sumbangan praktis bagi perbaikan strategi komunikasi risiko dan transparansi informasi publik di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan deskriptif kualitatif dalam usaha memahami cara pandang warganet mengenai isu dugaan pencemaran radioaktif dengan menganalisis konteks pembicaraan di kolom komentar TikTok. Dalam kerangka ini, data komentar dianalisis dengan seksama, meliputi intonasi, alasan, dan pola reaksi untuk memetakan kecenderungan yang bersifat positif dan negatif serta mengartikan argumen yang muncul dalam diskusi. Sebagai pendukung, sebuah penelitian [9] juga mengklasifikasikan studi percakapan warganet sebagai bentuk penelitian kualitatif deskriptif. Penelitian tersebut menjelaskan pendekatannya sebagai "penelitian kualitatif deskriptif yang menggunakan pendekatan netnografi".

2.1 Metode Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Metode Pengujian

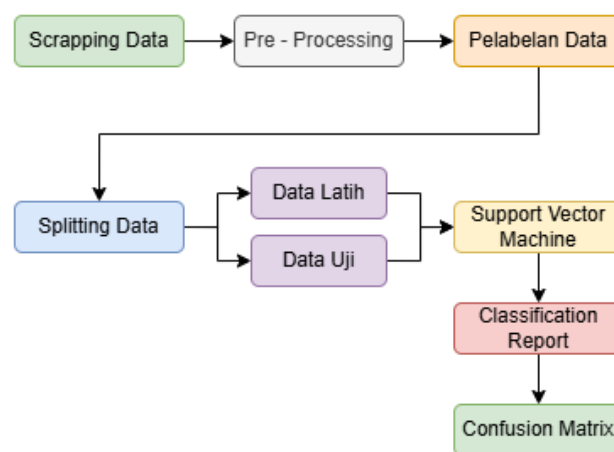
Data penelitian ini dikumpulkan dari kolom komentar di TikTok menggunakan metode pengambilan data berbasis *Python* selama periode 1 Oktober 2025 hingga 8 Oktober 2025. Kumpulan awal terdiri dari 3.184 komentar, kemudian disaring dengan menghapus duplikasi dan *spam*/penyebutan massal, memastikan relevansi topik, serta merapikan format hingga tersisalah 3.160 entri yang dapat dianalisis. Proses pengelolaan data mematuhi prinsip etika penelitian, identitas individu tidak diungkapkan dan laporan disajikan dalam bentuk agregat. Pemilihan metode pengambilan data sejalan dengan penjelasan bahwa pengambilan data dari *web* adalah tindakan mengambil data atau informasi dari situs *web* dan diterapkan ketika data tidak tersedia melalui RSS atau API [10].

Penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak *Python* versi 3.11.0 yang dilengkapi dengan pustaka *pandas*, *numpy*, dan *scikit-learn* untuk melakukan vektorisasi dan pemodelan, serta Sastrawi dalam proses *stemming*. *Dataset* yang digunakan terdiri dari 3.160 entri. Pada tahap kedua, yang dikenal sebagai pra-proses teks, meliputi langkah-langkah seperti tokenisasi, penghilangan *stopwords*, dan penyaringan *token* berdasarkan panjangnya sebelum melanjutkan ke proses pembobotan TF-IDF.

Setelah proses *pre-processing*, teks diubah menjadi vektor TF-IDF sebagai bentuk pengukuran. Selanjutnya, data dibagi menjadi set pelatihan dan pengujian untuk mempertahankan proporsi masing-masing kelas. Model klasifikasi dilatih menggunakan data pelatihan dan kemudian diuji. Kinerja dinilai berdasarkan matriks kebingungan, dengan menggunakan metrik akurasi, presisi, dan *recall* yang diperoleh dari nilai TP, FP, TN, dan FN di dalam matriks kebingungan, yang mencerminkan ketepatan keseluruhan serta kemampuan model dalam mengenali setiap kelas. Struktur ini sejalan dengan referensi yang menempatkan TF-IDF dalam tahap *pre-processing* dan menjelaskan evaluasi yang mengandalkan akurasi, presisi, dan *recall* berdasarkan *confusion matrix* [11].

2.2 Tahapan Penelitian

Pada tahap penelitian ini diorganisir secara berurutan agar proses kerjanya bisa diulang dengan jelas. Singkatnya, penelitian dimulai dengan pengambilan data, diikuti oleh proses awal, penandaan opini, pembagian data, penerapan model (*Support Vector Machine*), dan evaluasi model.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Urutan penelitian dari mengumpulkan data sampai menilai model SVM ditunjukkan pada Gambar 1.

2.3 Scraping Data

Scraping data adalah tindakan menarik informasi atau konten dari halaman *web*, dan dilakukan ketika informasi yang diinginkan tidak dapat diakses melalui RSS atau API. Metode ini digunakan sebagai cara untuk mendapatkan data yang berbasis situs agar mendapatkan informasi yang terorganisasi dengan baik [10].

2.4 Pre-Processing

Pra-pemrosesan teks merupakan langkah penting sebelum melakukan penambahan data atau *machine learning* untuk membersihkan serta menstandarisasi korpus agar dapat diproses. Di fase ini (pembersihan data, normalisasi kata, penghapusan *stopwords*, serta pelaksanaan *stemming*/normalisasi) memiliki dampak langsung pada ketepatan model analisis sentimen. Studi dalam jurnal yang serupa mengulas berbagai metode pra-pemrosesan (dasar tanpa pengolahan, penghapusan kata-kata umum, dan pengurangan bentuk kata) dan menemukan adanya variasi dalam tingkat akurasi antara metode tersebut, menunjukkan bahwa perancangan saluran pra-pemrosesan perlu dianalisis secara empiris [12].

a) Cleaning

Pembersihan adalah titik awal dalam pra-proses teks yang ditujukan untuk meminimalisir gangguan dan merapikan korpus agar siap untuk dianalisis. Dalam tahapan ini, bagian-bagian yang tidak memberikan arti sentimen, seperti tautan *web*, tagar, simbol, nama pengguna, angka, emoji, dan juga tanda baca khusus, dibuang, untuk membuat representasi kata menjadi lebih jernih dan seragam. Sebuah penelitian [13] juga menjelaskan bahwa kata-kata yang dibersihkan selama proses pembersihan, seperti *Hashtag* (#), *URL* atau tautan, tanda baca, simbol, dan nama pengguna.

b) *Case Folding*

Case folding merupakan langkah awal dalam proses yang bertujuan untuk menstandarkan penulisan karakter dengan mengubah seluruh konten menjadi huruf kecil. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengurangi perbedaan yang tidak memberikan arti sehingga daftar istilah menjadi lebih sederhana. Sebuah studi [14] juga menunjukkan bahwa salah satu langkah penting dalam mempersiapkan teks adalah *case folding*, yaitu "mengubah seluruh tulisan menjadi huruf kecil untuk memastikan data tetap konsisten".

c) Normalisasi Kata

Normalisasi kata merupakan tahap yang mengatur bentuk tidak standar seperti kata *slang*, istilah ganti atau penulisan yang tidak sesuai dengan kaidah menjadi versi yang lebih baku atau umum sebelum proses pemodelan. Ini bertujuan untuk meminimalkan ketidakteraturan yang tidak perlu, mengurangi kata yang tidak dikenal, serta menciptakan representasi fitur yang lebih konsisten sehingga meningkatkan akurasi pada klasifikasi sentimen. Istilah *slang* sering kali memiliki arti yang tidak jelas atau dapat ditafsirkan dengan cara berbeda, yang bisa bikin pemrosesan bahasa alami jadi salah dan menghasilkan hasil yang tidak tepat dalam tugas seperti mengklasifikasikan teks atau menganalisis sentimen. Maka dari itu, sebuah penelitian [15] menyoroti betapa pentingnya untuk menormalkan istilah slang tersebut sebelum teks dimasukkan ke dalam proses Pengolahan Bahasa Alami.

d) *Tokenizing*

Tokenisasi merupakan langkah awal dalam pengolahan yang membagi teks asli menjadi unit-unit yang memiliki arti (*token*) seperti kata-kata atau kelompok kata. Kumpulan *token* ini berfungsi sebagai data *input* untuk tahap berikutnya, sembari membantu mengurangi kompleksitas dalam representasi teks. Tokenisasi merupakan langkah dasar dalam hampir setiap aplikasi Pemrosesan Bahasa Alami. Cara umum dalam tokenisasi kata adalah dengan membagi teks menjadi kata-kata, biasanya memakai spasi sebagai batasnya [16].

e) *Stopword Removal*

Stopword Removal adalah langkah awal dalam pemrosesan yang menyingkirkan kata-kata yang sangat umum atau kurang penting agar kumpulan data lebih ringkas, fitur lebih berguna, dan penilaian tidak terpengaruh oleh kata-kata yang muncul terlalu sering tapi tidak membantu. Sebuah studi [17] menjelaskan bahwa penghapusan kata umum adalah langkah dalam mengolah teks yang bertujuan menyingkirkan kata-kata yang dianggap tidak penting atau tidak memberikan kontribusi berarti dalam analisis. Kata-kata ini biasanya adalah kata-kata sehari-hari (seperti "dan," "atau," "di") yang tidak membawa informasi khusus dan sering muncul berulang kali di berbagai dokumen.

f) *Stemming*

Stemming adalah langkah awal yang membantu mengubah kata-kata dengan imbuhan seperti awalan, sisipan, dan akhiran kembali ke bentuk aslinya. Ini berguna supaya variasi kata tidak menambah fitur yang tidak penting. Dengan menggabungkan bentuk kata-kata, cara kita menyatakan fitur seperti TF-IDF menjadi lebih jelas dan teratur. *Stemming* juga didefinisikan sebagai "proses awal dalam analisis sentimen yang menemukan dan menghapus imbuhan" [18].

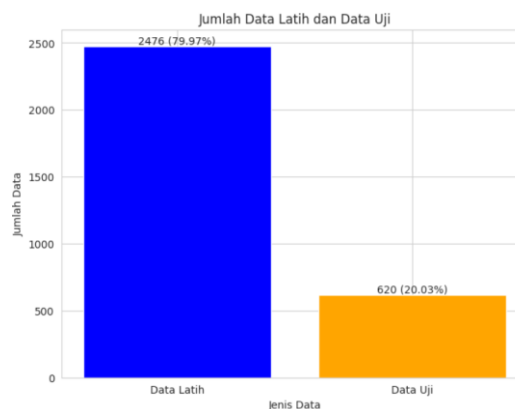
2.5 Pelabelan Data (*Lexicon Based*)

Pelabelan sentimen yang menggunakan leksikon memberikan label positif dan negatif pada sebuah komentar tanpa perlu melatih model terlebih dahulu. Ini dilakukan dengan menjumlahkan skor dari kata-kata yang ada, menggunakan kamus sentimen. Metode analisis sentimen berbasis leksikon bekerja dengan mengukur makna dari kata-kata dalam leksikon. Dalam analisis ini, leksikon yang sudah ada dipakai untuk menilai dokumen dengan cara menggabungkan nilai sentimen dari semua kata. Beberapa aturan sederhana bisa dipakai untuk mengatasi kata-kata yang menunjukkan negasi [19].

2.6 *Splitting Data (80:20)*

Pembagian data adalah langkah awal untuk melihat seberapa baik model bisa bekerja secara umum, sebagian dari data digunakan untuk melatih (*training*) dan sisanya untuk menguji (*testing*) supaya hasil yang didapat tidak terpengaruh oleh data yang digunakan untuk melatih. Rasio 80:20 dipilih karena memberikan cukup banyak data untuk belajar pola, sambil menyisakan bagian yang cukup untuk

melihat seberapa baik model di data yang belum dikenalnya. "Pembagian antara data latihan dan data uji adalah salah satu hal penting yang mempengaruhi seberapa akurat, *dataset* dibagi dengan beberapa rasio (90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50). Model dinilai menggunakan *confusion matrix* (akurasi, presisi, *recall*, *F1-score*). Dalam percobaan yang dilakukan, SVM dengan rasio 80:20 memperoleh akurasi paling tinggi dibandingkan dengan pengaturan lainnya" [20].

Gambar 2. *Splitting Data*

Pada Gambar 2, proses pembagian data memisahkan kumpulan data menjadi dua bagian, yaitu data yang digunakan untuk pelatihan dan data yang digunakan untuk pengujian. Data pelatihan berfungsi untuk mengajari model *Support Vector Machine*, sementara data pengujian dipakai untuk menilai seberapa baik kinerja model dengan menggunakan ukuran-ukuran evaluasi seperti akurasi, presisi, dan *recall*.

2.7 Penerapan Algoritma *Support Vector Machine*

Support Vector Machine adalah metode untuk mengelompokkan data yang berusaha menemukan pemisah terbaik dengan jarak paling lebar untuk memisahkan dua kelompok, sehingga dapat bekerja dengan baik bahkan pada data yang banyak fiturnya seperti yang diwakili oleh TF-IDF dalam teks. Algoritma pembelajaran mesin ini biasanya dipakai karena ia bisa mengelola data teks dan memberikan hasil yang tepat. *Support Vector Machine* adalah algoritma yang mencari garis pemisah terbaik untuk memisahkan data di ruang fitur yang memiliki banyak dimensi, dengan tujuan untuk memperbesar jarak antara dua kelompok data [21].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis sentimen yang didapat dari pengolahan komentar di TikTok tentang masalah dugaan pencemaran radioaktif di daerah industri Cikande. Setiap langkah mulai dari mengumpulkan data, mempersiapkan data, memberi label, membuat model, hingga menilai hasil dijelaskan satu per satu untuk menunjukkan alur kerja penelitian dan hasil dari model klasifikasi yang digunakan

3.1 Pengumpulan Data

Data dari penelitian ini diambil dari kolom komentar di TikTok, terutama pada beberapa saluran berita yang membahas tentang dugaan pencemaran radioaktif di area industri Cikande. Setiap komentar yang diambil mencakup informasi publik seperti nama akun dan isi komentar. Pengambilan data dilakukan secara otomatis menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan cara web *scraping*, lalu hasilnya diproses untuk menghilangkan komentar yang sama dan memastikan bahwa data yang disimpan berhubungan dengan topik penelitian.

Tabel 1. Hasil *Scraping* Data dari Tiktok

Author	Comment
@violova.id	ternyata amerika benar.. 😞 udangnya mengandung radioaktif
@ridhojulian11	Yg gak tau baca ini ya "Radioaktif adalah sifat... hati-hati makan hasil laut ya
@ceritafilms8587	ngeri lo kalau kena radiasi radio aktif.. bahaya
@rully_993	padahal orang dulu termasuk kakek saya sering dekat area situ tapi sehat-sehat aja

Hasil *scraping* data dapat dilihat pada tabel 1 berikut, kolom *author* berfungsi untuk mengidentifikasi akun

pengguna TikTok yang memberikan komentar tanpa menampilkan informasi pribadi, sedangkan kolom *comment* merupakan sumber utama teks yang digunakan dalam analisis sentimen. Data komentar inilah yang menjadi dasar dalam proses pra-pemrosesan dan pelabelan sentimen, sehingga setiap opini publik dapat dianalisis berdasarkan isi tuturan yang sebenarnya.

3.2 Hasil *Pre-processing*

Tahap pra-pemrosesan dilakukan setelah kita mengumpulkan semua komentar agar teks bisa dianalisis secara otomatis. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menyusun komentar yang masih mentah menjadi bentuk yang bersih, seragam, dan memiliki makna dengan menghilangkan bagian yang bukan teks dan mengubah kata-kata kembali ke bentuk dasarnya. Dengan langkah ini, setiap komentar akan diubah menjadi format kata yang lebih mudah untuk diproses oleh model pembelajaran mesin.

Berikut adalah hasil penerapan tahap pra-pemrosesan pada komentar:

Tabel 2. Hasil *Pre-Processing*

Tahapan	Hasil Komentar
Data Mentah	ternyata amerika benar.. 😞 udangnya mengandung radioaktif
<i>Cleaning</i>	ternyata amerika benar udangnya mengandung radioaktif
<i>Case Folding</i>	ternyata amerika benar udangnya mengandung radioaktif
Normalisasi Kata	ternyata amerika benar udang mengandung radioaktif
<i>Tokenizing</i>	[ternyata, amerika, benar, udang, mengandung, radioaktif]
<i>Stopword Removal</i>	[ternyata, amerika, benar, udang, radioaktif]
<i>Stemming</i>	[nyata, amerika, benar, udang, radioaktif]

Hasil *pre-processing* data dapat dilihat pada tabel 2, teks asli diubah menjadi kumpulan kata yang lebih pendek dan memiliki arti. Proses pembersihan menghapus tanda baca dan emoji yang tidak perlu, penyeragaman huruf membuat semua huruf menjadi kecil, normalisasi menyamakan bentuk kata seperti "udangnya" menjadi "udang", pemecahan kalimat memisahkan kalimat menjadi kata-kata kecil, penghilangan kata umum menghapus kata yang sering muncul dan tidak penting, dan pengembalian kata mengubah kata kembali ke bentuk aslinya. Hasil akhir ini digunakan untuk menghitung bobot TF-IDF dan melatih model *Support Vector Machine* (SVM) di tahap berikutnya.

3.3 Hasil Pelabelan Data (*Lexicon Based*)

Proses memberi label dilakukan dengan cara menggunakan pendekatan berbasis kamus, yaitu dengan mencocokkan setiap kata dalam komentar dengan daftar kata positif dan negatif yang ada di kamus sentimen. Kata-kata yang memiliki makna baik akan mendapat nilai +1, sedangkan

kata-kata yang mempunyai makna buruk akan diberi nilai -1. Total nilai dalam satu komentar akan menentukan kategorinya, di mana nilai lebih dari nol dianggap positif dan nilai kurang dari nol dianggap negatif.

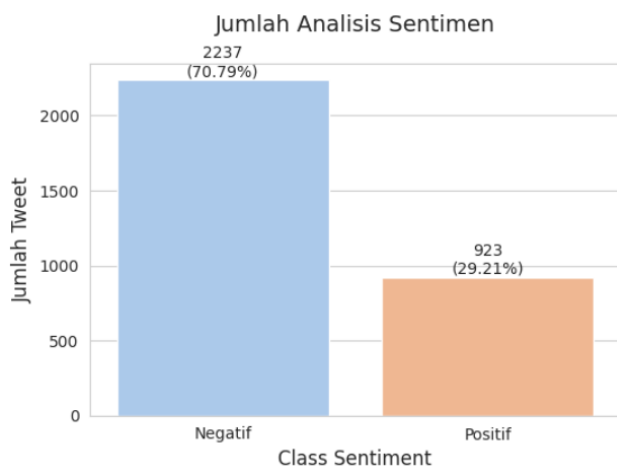
Berikut adalah contoh hasil pemberian label sentimen menggunakan metode berbasis kamus:

Tabel 3. Hasil Pelabelan Data Komentar TikTok

Author	Comment	Sentimen
violova.id	ternyata amerika benar...	Negatif
ridhojulian11	Yg gak tau baca ini ya...	Negatif
ceritafilm8587	ngeri lo kalau kena...	Negatif
rully_993	padahal orang dulu...	Positif

Hasil Pelabelan data dapat dilihat pada tabel 3, kita dapat melihat bahwa banyak komentar memiliki sentimen negatif. Ini menunjukkan bahwa orang-orang khawatir tentang bahaya dari paparan radiasi dan efeknya bagi kesehatan serta lingkungan. Di sisi lain, komentar yang positif menunjukkan pandangan yang lebih tenang, ragu-ragu, atau meyakini bahwa situasinya tidak seburuk yang diberitakan.

Visualisasi hasil pelabelan dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah, yang menunjukkan perbandingan antara komentar baik dan komentar buruk di TikTok.



Gambar 3. Hasil Pelabelan Data

Pada gambar 3 tersebut, kita bisa lihat bahwa komentar yang memiliki sentimen negatif lebih banyak dalam analisis ini. Ada total 2.237 komentar atau sekitar 70,79% yang dianggap negatif, sementara 923 komentar sekitar 29,21% dianggap positif. Ini menunjukkan bahwa mayoritas pengguna TikTok menunjukkan rasa khawatir, curiga, atau mengkritik masalah yang berkaitan dengan dugaan radioaktif, sedangkan sedikit yang memberikan pandangan positif atau penghiburan.

3.4 Penerapan dan Evaluasi Algoritma *Support Vector Machine*

Setelah semua langkah pembersihan dan pelabelan selesai, langkah selanjutnya adalah menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan sentimen dari komentar di TikTok. Pada tahap ini, teks yang sudah dibersihkan dan distandarkan akan diwakili dengan metode *Term Frequency-Inverse Document Frequency* (TF-IDF) supaya setiap kata mendapatkan nilai sesuai dengan pentingnya dalam dokumen.

Kumpulan data dibagi menjadi dua bagian, yaitu 80% untuk data latihan dan 20% untuk data pengujian. Data latihan digunakan untuk membangun model SVM, sedangkan data pengujian digunakan untuk mengukur seberapa baik model dapat mengenali pola sentimen yang baru. Hasil evaluasi didapatkan dengan melihat empat ukuran utama, yaitu *precision*, *recall*, *F1-score*, dan akurasi.

Classification Report for SVM:

	precision	recall	f1-score	support
Negatif	0.897	0.956	0.925	427.000
Positif	0.885	0.756	0.816	193.000
accuracy	0.894	0.894	0.894	0.894
macro avg	0.891	0.856	0.870	620.000
weighted avg	0.893	0.894	0.891	620.000

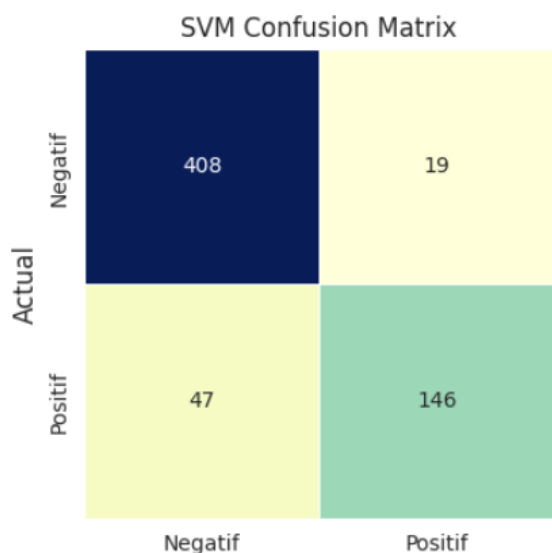
Gambar 4. Classification Report

Berdasarkan hasil *classification report* yang terdapat di gambar 4, model SVM mendapatkan akurasi sebesar 89%. Ini berarti model ini dapat mengenali pola sentimen dengan baik. Untuk nilai *precision* dan *recall*, kelas negatif sedikit lebih tinggi daripada kelas positif, yang menunjukkan bahwa model ini lebih peka terhadap komentar negatif. Namun, hasil untuk kelas positif tetap stabil dan menunjukkan kinerja yang seimbang.

Secara keseluruhan, algoritma SVM dengan metode pembobotan TF-IDF dapat menghasilkan klasifikasi yang tepat untuk analisis sentimen pada komentar TikTok. Kinerja dari model ini bisa ditingkatkan di masa mendatang dengan menambahkan berbagai jenis data serta menggunakan fitur *n-gram* untuk memperluas pemahaman konteks kata.

3.5 Confusion Matrix

Untuk mengetahui seberapa banyak kesalahan dalam masing-masing jenis sentimen, kita pakai analisis *Confusion Matrix*. Matriks ini memperlihatkan perbandingan antara hasil prediksi yang dihasilkan model dengan data sebenarnya pada dua kategori utama, yaitu positif dan negatif.



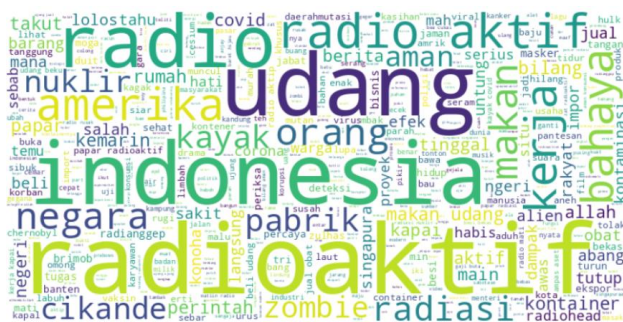
Gambar 5. Confusion Matrix

Visualisasi *confusion matrix* dapat dilihat pada gambar 5 tersebut, model *Support Vector Machine* (SVM) berhasil mengelompokkan sebagian besar komentar dengan akurat. Ada 408 komentar negatif yang teridentifikasi dengan benar, sedangkan 19 komentar negatif salah diidentifikasi sebagai positif. Di sisi lain, dari komentar positif, 146 berhasil terprediksi dengan benar, tetapi ada 47 komentar positif yang salah dikategorikan sebagai negatif.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan yang cukup rendah dan lebih baik dalam mengenali komentar bernada negatif. Ini sejalan dengan jumlah data yang lebih banyak pada kategori negatif, sehingga model memiliki lebih banyak variasi teks untuk dipelajari. Jadi, SVM dapat dikatakan memiliki kinerja yang stabil dan cukup efektif dalam mengidentifikasi sentimen komentar TikTok berdasarkan konteks topik radioaktif.

3.6 Visualisasi Word Cloud

Untuk menunjukkan penyebaran kata yang paling sering muncul dalam komentar, digunakan visualisasi *Word Cloud*. Teknik ini menampilkan seberapa sering sebuah kata muncul berdasarkan ukuran kata semakin besar ukuran kata tersebut, semakin sering kata itu muncul dalam kumpulan komentar TikTok.



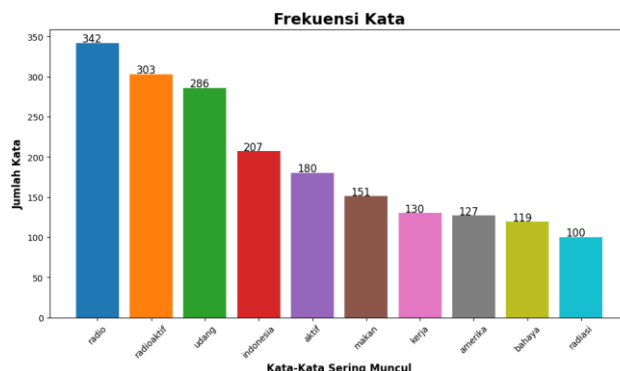
Gambar 6. Word Cloud

Pada gambar 6 tersebut, terlihat kata-kata seperti "radioaktif", "Indonesia", "uang", "bahaya" dan "cikande" muncul paling banyak. Ini menunjukkan bahwa isu limbah radioaktif yang terkait dengan uang dan lokasi Cikande menjadi topik utama yang sering dibicarakan pengguna TikTok.

Beberapa kata lain seperti "amerika", "radiasi", "kerja" dan "pabrik" juga sering muncul, menunjukkan adanya campuran antara kecemasan, dugaan, dan pembicaraan mengenai penyebab serta dampak dari kemungkinan kontaminasi tersebut. Visualisasi ini membantu menampilkan secara umum topik yang sedang dibahas dan persepsi masyarakat yang muncul dari komentar di media sosial.

3.7 Visualisasi Frekuensi Kata

Selain membuat visualisasi *Word Cloud*, juga dilakukan analisis menghitung berapa kali suatu kata muncul dalam komentar. Metode ini berguna untuk mengetahui kata-kata yang sering muncul dan penting dalam pembicaraan pengguna TikTok tentang topik radioaktif.



Gambar 7. Frekuensi kata

Visualisasi frekuensi kata dapat dilihat pada gambar 7 tersebut, kata "radio" muncul paling sering sebanyak 342 kali, diikuti oleh kata "radioaktif" (303 kali), "uang" (286 kali), dan "Indonesia" (207 kali). Kemunculan kata-kata ini menunjukkan bahwa topik utama yang dibicarakan oleh masyarakat terpusat pada isu radioaktif di Indonesia, terutama yang berkaitan dengan produk uang.

Selain itu, kata-kata seperti "aktif", "makan", "kerja", "amerika", "bahaya" dan "radiasi" juga muncul dengan frekuensi tinggi. Hal ini menunjukkan adanya campuran antara pendapat kritis, kekhawatiran, dan juga pembicaraan umum tentang penyebab dan dampak dari isu radioaktif tersebut. Analisis ini mendukung temuan sebelumnya bahwa persepsi masyarakat di media sosial lebih banyak fokus pada bahaya dan dampak dari radioaktif, dibandingkan dengan narasi positif atau upaya menenangkan situasi.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi analisis sentimen efektif dalam memetakan persepsi publik

terkait isu dugaan kontaminasi radioaktif di kawasan industri Cikande melalui ekstraksi opini dari *platform* TikTok. Dengan mengikuti beberapa langkah seperti memproses teks terlebih dahulu, memberikan bobot dengan TF-IDF, dan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), penelitian ini berhasil menggambarkan pola pendapat publik secara teratur. Sebagian besar komentar menunjukkan pandangan yang negatif, terutama terkait kekhawatiran tentang kesehatan, dampak terhadap lingkungan, dan rendahnya kepercayaan pada keterbukaan informasi.

Hasil dari pengujian model menunjukkan bahwa SVM sangat baik dalam mengklasifikasikan sentimen dengan tingkat ketepatan 89%. *Confusion matrix* mencatat bahwa 408 komentar negatif dan 146 komentar positif berhasil dikenali dengan benar, sedangkan terdapat kesalahan pada 19 komentar negatif yang dianggap positif dan 47 komentar positif yang dianggap negatif. Distribusi data hasil penandaan berdasarkan leksikon memperlihatkan bahwa 70,79% komentar memiliki sentimen negatif dan 29,21% positif, yang sesuai dengan pola yang diprediksi oleh model. Temuan ini menunjukkan bahwa SVM bekerja dengan baik pada data teks yang tidak seimbang dan mampu menangkap pola sentimen yang lebih kuat dalam percakapan publik.

Berdasarkan temuan dari penelitian ini, disarankan agar studi berikutnya memperhatikan penggunaan kosakata yang lebih bervariasi, termasuk kata-kata informal dan *slang* yang biasa dipakai di media sosial, agar pelabelan bisa lebih akurat. Selain itu, bisa juga dilakukan pengujian dengan algoritma lain seperti *Naive Bayes* atau LSTM untuk melihat perbandingan kinerjanya. Pemerintah dan pihak-pihak yang berwenang juga harus meningkatkan cara berkomunikasi tentang risiko dengan lebih jelas dan konsisten agar bisa mengurangi kekhawatiran masyarakat, terutama pada masalah lingkungan yang sensitif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bina Sarana Informatika, khususnya Program Studi Teknik Informatika di Fakultas Teknik, untuk semua bimbingan, dukungan, dan sarana yang telah diberikan selama penelitian ini. Penulis juga ingin berterima kasih kepada teman-teman satu tim peneliti atas kerja sama yang baik dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa penelitian ini belum sempurna dan berharap mendapatkan kritik dan saran yang berguna untuk perbaikan ke depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Ryandi, D. Pratiwi, dan S. Sari, "Analisis Sentimen Masyarakat di Media Sosial X Terhadap Kemenkes Dengan Naive Bayes Dan SVM," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 7, no. 1, hal. 1–6, 2025, doi:10.55338/saintek.v7i1.
- [2] K. R. Amaliah, U. Enri, dan S. Defiyanti, "Analisis Sentimen Pengguna Website Siska Menggunakan Algoritma Naive Bayes Dengan Optimasi Particle Swarm Optimization," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, hal. 365–369, 2025, doi:10.23960/jitet.v13i3.6839.
- [3] Z. Alhaq, A. Mustopa, S. Mulyatun dan J. D. Santoso "Penerapan Metode Support Vector Machine Untuk Analisis Sentimen Pengguna Twitter," *Journal of Information System Management*, vol. 3, no. 1, hal. 16-21, 2021, doi:10.24076/joism.2021v3i2.558.
- [4] A. G. Husna, H. Susanto, dan Purwono, "Penyisihan Unsur Stronsium (Sr) dan Cesium (Cs) Pada Limbah Radioaktif Dengan Kandungan Organik Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (Pah) Menggunakan Membran Nanofiltrasi," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, hal. 1-20, 2017.
- [5] D. Sukandar, G. F. Amri, Dasumiati, dan D. Fauzih, "Pemantauan Konsentrasi Radionuklida Cs-137 , Co-60 , I-131 Serta Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Bekasi," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 23, no. 1, hal. 23–34, 2025, doi: 10.14710/jil.23.1.23-34.
- [6] F. Lim dan A. T. Ayunda, "Analisis Sentimen Masyarakat Indonesia Terhadap Aplikasi Threads di Twitter Menggunakan Naive Baiyes," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, hal. 55-64, 2023, doi:10.19109/jusifo.v9i2.19965.
- [7] R. F. T. Wulandari, dan D. Anubhakti, "Implementasi Algoritma Support Vector Machine (SVM) dalam Memprediksi Harga Saham Pt. Garuda Indonesia Tbk," *Indonesia Journal Information System*, vol. 4, no. 2, hal. 250–256, 2021, doi:10.36080/ideal.v4i2.2847.
- [8] M. T. F. Maulana, B. I. Nugroho, dan E. U. S. Utami, "Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi TikTok di Google Playstore Menggunakan Algoritma Naive Bayes," *Journal of Articial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 3, hal. 6627–6635, 2025, doi:10.31004/riggs.v4i3.2962.
- [9] R. Abidin dan A. Herawati, "Analisis Sentimen Publik Terhadap Kebijakan Program Tabungan Rakyat (Tapera)," *Journal of Information System and Computer*, vol. 4, no. 1, hal. 13–19, 2024, doi:10.34001/jister.v4i1.1002.
- [10] N. Adila, F. Sembiring, dan W. Jatmiko, "Implementation of Web Scraping for Journal Data Collection on the Sinta Website," *Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, vol. 7, no. 4, hal. 2478–2485, 2022, doi:10.33395/sinkron.v7i4.11576.
- [11] E. Apriani, I. F. Hanif, F. Oktavianalisti, L. D. H. Monasari, dan I. Winarni, "Analisis Sentimen Penggunaan TikTok Sebagai Media Pembelajaran Menggunakan Algoritma Naive Bayes Classifier," *Indonesian Journal of Machine Learning and*

- Computer Science*, vol. 4, no. July, hal. 1160–1168, 2024, doi:10.57152/malcom.v4i3.1482.
- [12] B. Hakim, “Analisa Sentimen Data Text Preprocessing Pada Data Mining Dengan Menggunakan Machine Learning,” *Journal of Business and Audit Information System*, vol. 4, no. 2, hal. 16–22, 2021, doi:10.30813/jbase.v4i2.3000.
- [13] D. F. M. Dina, T. Haryanti, dan M. A. Haq, “Analisis Sentimen Terhadap Komentar Pada Media Sosial Tiktok Yang Berpotensi Menyebabkan Depresi Menggunakan Metode Naive Bayes,” *Jurnal Ilmiah Computing Insight*, vol. 7, no. 1, hal. 1–9, 2025, doi:10.30651/comp_insight.v7i1.26327.
- [14] Junaedi, A. H. Gunawan, V. Kuswanto, dan Jonathan, “Eksplorasi Algoritma Support Vector Machine untuk Analisis Sentimen Destinasi Wisata di Indonesia,” *Journal Bit-Tech*, vol. 7, no. 2, hal.323-330, 2024, doi: 10.32877/bt.v7i2.1810.
- [15] P. M. S. Ardinata, A. A. J. Permana, dan I. N. S. W. Wijaya, “Identifikasi Dan Normalisasi Teks Slang Dengan Fasttext Pada Twitter Dalam Bahasa Indonesia,” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 21, no. 1, hal. 34-44, 2024, doi:10.23887/jptkuniksha.v21i1.66381.
- [16] J. Petrus, Ermatita, Sukemi, dan Erwin, “A Novel Approach: Tokenization Framework based on Sentence Structure in Indonesian Language,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 14, no. 2, hal. 541–549, 2023, doi:10.14569/IJACSA.2023.0140264.
- [17] R. Rinandyaswara, Y. A. Sari, dan M. T. Furqon, “Pembentukan Daftar Stopword Menggunakan Term Based Random Sampling Pada Analisis Sentimen Dengan Menggunakan Metode Naive Bayes,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 4, hal. 717–724, 2022, doi: 10.25126/jtiik.202294707.
- [18] I. M. A. Agastya, “Pengaruh Stemmer Bahasa Indonesia Terhadap Peforma Analisis Sentimen Terjemahan Ulasan Film,” *Jurnal Tekno Kompak*, vol. 12, no. 1, hal. 18–23, 2018, doi:10.33365/jtk.v12i1.70.
- [19] F. A. J. Nur, A. Romadhony, dan Hasmawati, “Analisis Sentimen Pada Media Sosial Universitas Dengan Metode Berbasis Leksikon,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 10, no. 2, hal. 1691–1697, 2023.
- [20] Y. A. Prasetyo, E. Utami, dan A. Yaqin, “Pengaruh Komposisi Split Data Terhadap Performa Akurasi Analisis Sentimen Algoritma Naïve Bayes dan SVM,” *Journal of Electrical Engineering and Computer*, vol. 6, no. 2, hal. 382–390, 2024, doi:10.33650/jeccom.v4i2.
- [21] R. Ramlan, N. Satyahadewi, dan W. Andani, “Analisis Sentimen Pengguna Twitter Menggunakan Support Vector Machine Pada Kasus Kenaikan Harga Bbm,” *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 5, no. 2, hal. 431–445, 2023, doi:10.34312/jjom.v5i2.20860.



PENYUSUNAN *ROADMAP* STRATEGIS TATA KELOLA TI LMS SINAU BERDASARKAN *MATURITY LEVEL* COBIT 2019

Irma Santikarama¹, Faiza Renaldi², Dea Destiani³

^{1,2,3} Sistem Informasi, Universitas Jenderal Achmad Yani
Cimahi, Jawa Barat, Indonesia 40525

irma.santikarama@lecture.unjani.ac.id, faiza.renaldi@unjani.ac.id, dea.destiani@lecture.unjani.ac.id

Abstract

This study aims to assess the maturity level of information technology (IT) governance and to develop a strategic improvement roadmap for the internally developed SINAU Learning Management System at Universitas Jenderal Achmad Yani using the COBIT 2019 framework. A mixed-method approach with a convergent design was employed, combining quantitative data from questionnaire-based maturity assessments with qualitative insights from in-depth interviews. The results indicate that the overall IT governance maturity is at Level 2 (Managed), where processes are operational but not yet fully documented or standardized across organizational units. The largest governance gaps were identified in service agreement management, change and release management, and performance monitoring and evaluation. Based on the gap analysis and qualitative findings, a phased strategic roadmap was formulated to guide governance improvements toward Level 3 (Established Process). The study concludes that strengthening formal policies, process documentation, and monitoring mechanisms is essential to ensure sustainable LMS governance and alignment with institutional objectives in higher education.

Keywords: COBIT 2019, IT Governance, Learning Management System, Maturity Level, Strategic Roadmap

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi serta menyusun *roadmap* strategis peningkatan tata kelola pada *Learning Management System* (LMS) SINAU yang dikembangkan secara internal di Universitas Jenderal Achmad Yani dengan menggunakan kerangka kerja COBIT 2019. Pendekatan metode campuran dengan desain konvergen diterapkan melalui pengukuran kuantitatif berbasis kuesioner dan pendalaman kualitatif melalui wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kematangan tata kelola TI berada pada Level 2 (*Managed*), yang mengindikasikan bahwa proses telah berjalan namun belum terdokumentasi dan terstandarisasi secara konsisten. Kesenjangan utama ditemukan pada pengelolaan layanan, manajemen perubahan, serta pemantauan dan evaluasi kinerja. Berdasarkan hasil analisis kesenjangan dan sintesis data, disusun *roadmap* strategis bertahap untuk mendorong peningkatan kematangan menuju Level 3 (*Established Process*). Penelitian ini menyimpulkan bahwa penguatan kebijakan formal, dokumentasi proses, dan mekanisme *monitoring* berkelanjutan sangat diperlukan guna menjamin keberlanjutan dan efektivitas tata kelola LMS di lingkungan perguruan tinggi.

Kata kunci: COBIT 2019, LMS, *Roadmap* Strategis, Tata Kelola TI, Tingkat Kematangan

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital di pendidikan tinggi telah menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan mutu layanan akademik. Teknologi informasi (TI) tidak hanya mendukung administrasi, tetapi juga menjadi fondasi utama dalam proses pembelajaran daring dan luring [1]. Transformasi digital di perguruan tinggi secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional serta memperbaiki manajemen sumber daya dan kolaborasi institusional [2],

Keberhasilan implementasi ini sangat bergantung pada integrasi teknologi di level proses dan tata kelola [3]. Pada akhirnya, transformasi digital yang terencana dengan baik dapat meningkatkan kualitas pendidikan dan memperkuat daya saing institusi di tingkat yang lebih luas [4]. Dalam praktik pendidikan tinggi, pemanfaatan teknologi informasi diwujudkan salah satunya melalui penggunaan platform pembelajaran terintegrasi yang dikenal sebagai Sistem Manajemen Pembelajaran atau *Learning Management System* (LMS). Sistem Manajemen Pembelajaran (SMP) memfasilitasi penyampaian materi, interaksi dosen dan

mahasiswa, serta evaluasi hasil belajar secara terintegrasi. Pada level manajerial, keberhasilan implementasi LMS tidak hanya berkontribusi pada efisiensi administrasi [5] tetapi juga menjadi fondasi bagi peningkatan capaian dan kepuasan belajar dalam skema pembelajaran *hybrid* atau *blended learning*. Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI) mengembangkan sistem SMP lokal bernama SINAU untuk memenuhi kebutuhan internal kampus. Namun, ketersediaan teknologi saja tidak menjamin keberhasilan, studi menunjukkan bahwa keberhasilan, kepuasan dan keberlanjutan adopsi sebuah LMS sangat bergantung pada faktor institusional seperti kualitas sistem, kualitas informasi, dan dukungan institusional [6]. Keberlanjutan dan efektivitas sistem pembelajaran digital tidak dapat dilepaskan dari keberadaan tata kelola teknologi informasi yang dirancang secara terencana dan dijalankan secara konsisten. Tata kelola TI mencakup pengelolaan, arahan, serta pengawasan terhadap sistem informasi agar mendukung tujuan institusi atau organisasi [7] dan mekanisme pengendalian yang memastikan TI digunakan secara efektif, efisien, dan bertanggung jawab [8]. Konsep *IT governance*, yang dikemukakan oleh Weill dan Ross, menekankan tentang pengaturan kewenangan pengambilan keputusan serta mekanisme pertanggungjawaban yang mengarahkan pemanfaatan TI sesuai tujuan organisasi. Mereka menyoroti bahwa *IT governance* bukan hanya tentang keputusan teknis, tetapi tentang siapa yang berhak membuat keputusan, siapa yang terlibat, dan bagaimana akuntabilitas ditegakkan [9]. Namun, banyak perguruan tinggi di Indonesia, termasuk UNJANI, menghadapi kendala seperti kurangnya SDM yang kompeten [10], standar tata kelola yang belum jelas, dan belum adanya evaluasi menyeluruh [11], [12]. Kondisi ini menyebabkan pengelolaan SMP belum sepenuhnya optimal dalam menjamin kualitas layanan pembelajaran. Situasi tersebut menunjukkan perlunya suatu mekanisme pengukuran yang mampu menggambarkan tingkat kematangan tata kelola TI sebagai dasar perbaikan yang berorientasi jangka panjang.

Dalam beberapa tahun terakhir, kajian akademik yang membahas tata kelola teknologi informasi di perguruan tinggi menunjukkan peningkatan baik dari sisi jumlah maupun ragam pendekatan penelitian. Banyak studi menyoroti bahwa tata kelola TI yang baik menjadi kunci utama dalam menunjang transformasi digital di institusi pendidikan tinggi [3], [4], [13]. Tata kelola TI berperan dalam meningkatkan transparansi, akuntabilitas, serta efisiensi operasional lembaga pendidikan [14]. Selain itu, tata kelola yang efektif juga mampu meminimalkan risiko seperti gangguan sistem atau kebocoran informasi [15]. Di lingkungan perguruan tinggi, tata kelola TI yang diterapkan secara baik berkontribusi pada penguatan transparansi serta akuntabilitas institusi dalam menyampaikan kinerja kepada para pemangku kepentingan [16]. Berbagai organisasi di tingkat global memanfaatkan kerangka kerja COBIT (*Control Objectives for Information and Related Technologies*) sebagai acuan dalam mengelola dan

mengendalikan teknologi informasi. COBIT 2019 merupakan versi terbaru yang lebih adaptif terhadap kebutuhan organisasi modern dan kompleksitas digital saat ini, dibanding pendahulunya karena memperkenalkan konsep *Design Factors* dan *Focus Areas* yang memungkinkan penyesuaian dengan konteks organisasi, termasuk perguruan tinggi yang dinamis [17]. *Framework* ini menawarkan panduan menyeluruh dari perencanaan hingga evaluasi, dengan mengedepankan prinsip fleksibilitas dan integrasi [18]. COBIT 2019 mengorganisasikan praktik tata kelola dan manajemen TI ke dalam lima domain utama yang saling terintegrasi dan mencerminkan keseluruhan siklus pengelolaan TI, kerangka yang memfasilitasi keselarasan strategis dan pengendalian risiko di berbagai jenis organisasi, termasuk perguruan tinggi. Domain *Evaluate, Direct, and Monitor* (EDM) berorientasi pada peran pimpinan dalam mengevaluasi kebutuhan, mengarahkan strategi, dan memantau kinerja TI agar selaras dengan tujuan organisasi [19]. Domain APO (*Align, Plan, and Organize*) mengatur perencanaan strategis, kebijakan, serta pengelolaan sumber daya dan risiko TI [20]. Sementara itu, domain *Build, Acquire, and Implement* (BAI) mencakup aktivitas pengembangan dan penerapan solusi TI yang mendukung keberlangsungan proses bisnis organisasi [21]. Domain DSS (*Deliver, Service, and Support*) memastikan layanan TI berjalan efektif melalui dukungan operasional dan pemeliharaan sistem [22]. Terakhir, MEA (*Monitor, Evaluate, and Assess*) menekankan evaluasi kinerja dan kepatuhan tata kelola untuk mendorong perbaikan berkelanjutan [23]. Studi komparatif terbaru bahkan menunjukkan bahwa COBIT 2019 selaras dengan standar manajemen risiko dan keamanan informasi seperti ISO/IEC 27001:2022 dan ISO 42001:2023, menjadikannya relevan untuk diterapkan di lingkungan pendidikan yang semakin terdigitalisasi [24]. COBIT 2019 juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dan praktik terbaik yang relevan dengan berbagai sektor, termasuk pendidikan tinggi. Di Indonesia, implementasi COBIT 2019 di perguruan tinggi mulai dilakukan, meskipun masih terbatas pada institusi tertentu. Beberapa studi kasus menunjukkan bahwa penerapan COBIT dapat mengungkap kelemahan sistem TI seperti kurangnya integrasi dan ketidaksesuaian antara strategi TI dan visi institusi. Misalnya, penerapan COBIT 2019 di perguruan tinggi swasta di Indonesia terbukti meningkatkan efisiensi dan keamanan informasi [25]. Selain itu, pengukuran kematangan tata kelola TI menjadi aspek penting dalam menilai efektivitas implementasi COBIT. Dalam konteks Sistem Manajemen Pembelajaran (SMP), penilaian kematangan memberikan gambaran kesiapan sistem dalam merespons perubahan teknologi. Namun, mayoritas penelitian masih menempatkan COBIT 2019 pada konteks umum tata kelola TI atau sistem komersial, sehingga penerapannya pada sistem pembelajaran lokal yang dikembangkan secara internal di perguruan tinggi belum banyak dieksplorasi secara mendalam.

Meskipun penelitian mengenai tata kelola TI dan penerapan COBIT 2019 telah banyak dilakukan, masih terdapat celah penting yang belum terisi, khususnya terkait Sistem Manajemen Pembelajaran (SMP) lokal di Indonesia. Sebagian besar studi yang ada meneliti sistem yang bukan pada sistem internal seperti SINAU di Universitas Jenderal Achmad Yani. Penelitian yang secara khusus mengaplikasikan COBIT 2019 untuk menilai kematangan tata kelola SMP lokal masih sangat terbatas. Selain itu, data dan analisis mendalam yang merepresentasikan kondisi nyata pengelolaan SMP lokal di perguruan tinggi Indonesia juga masih minim. Keterbatasan tersebut menciptakan kesenjangan antara teori tata kelola TI dan praktik di lapangan, yang pada akhirnya berdampak pada kurang tepatnya perumusan strategi pengelolaan TI. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengukuran kematangan tata kelola TI yang komprehensif dan sesuai dengan konteks sistem lokal yang unik, mencakup seluruh siklus tata kelola mulai dari perencanaan hingga evaluasi [26]. Selain itu, belum banyak literatur yang membahas pengelolaan SMP lokal yang berkelanjutan dan responsif terhadap dinamika teknologi. Sebuah studi [27] menunjukkan bahwa penerapan COBIT 2019 pada institusi pendidikan tinggi berukuran kecil dapat secara efektif mengidentifikasi kesenjangan kematangan proses TI dan memberikan dasar bagi peningkatan berkelanjutan, penelitian di salah satu institusi pendidikan menyajikan bukti bahwa *framework* ini bisa digunakan untuk meningkatkan kualitas tata kelola TI di lingkungan kampus [28], penelitian lain, sebuah tinjauan sistematis terhadap implementasi COBIT 2019 (2020–2024) mencatat bahwa meskipun penerapan di sektor pendidikan makin meningkat, studi yang mengeksplorasi LMS yang dibangun *in-house* masih sangat langka, sehingga penelitian ini menawarkan kontribusi kebaruan yang signifikan [29]. Kondisi ini menegaskan perlunya pendekatan penelitian tersebut untuk mengisi kekosongan ilmiah dan juga berfungsi sebagai tolak ukur awal, mendukung penguatan tata kelola TI di lingkungan pendidikan tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan, yaitu belum tersedianya evaluasi kematangan tata kelola teknologi informasi berbasis COBIT 2019 yang secara khusus difokuskan pada Sistem Manajemen Pembelajaran lokal yang dikembangkan secara internal di perguruan tinggi Indonesia, serta dikaitkan langsung dengan penyusunan *roadmap* perbaikan yang aplikatif.

Untuk mengisi kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi pada sistem pembelajaran SINAU di Universitas Jenderal Achmad Yani dengan menggunakan kerangka kerja COBIT 2019. Pendekatan yang digunakan bersifat sistematis dan komprehensif, mencakup aspek perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, hingga evaluasi. Melalui pengukuran ini, diharapkan dapat teridentifikasi kekuatan dan kelemahan dalam pengelolaan SINAU. Hasil analisis akan menjadi dasar bagi penyusunan rekomendasi

strategis berbasis data. Pendekatan berbasis pengukuran kematangan seperti ini terbukti efektif dalam memberikan *roadmap* perbaikan berkelanjutan yang dapat mengarahkan peningkatan proses TI secara bertahap [30]. Rekomendasi ini ditujukan untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan keberlanjutan tata kelola TI di lingkungan kampus. Penelitian ini juga berupaya menyusun *roadmap* pengelolaan SMP yang adaptif terhadap dinamika akademik dan perkembangan teknologi. *Roadmap* tersebut akan menjadi panduan praktis bagi pengelola TI UNJANI dalam merancang arah pengembangan SINAU ke depan. Secara praktis, hasil penelitian ini akan mendukung peningkatan kualitas layanan pembelajaran dan kepuasan pengguna sistem. Selain memberikan manfaat bagi institusi yang diteliti, temuan penelitian ini juga berpotensi digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh perguruan tinggi lain yang mengembangkan sistem pembelajaran berbasis LMS lokal. Dengan demikian, penelitian ini memberikan nilai tambah baik dari sisi akademik maupun implementatif dalam bidang tata kelola TI pendidikan tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun untuk melakukan penilaian sekaligus perbaikan terhadap tata kelola teknologi informasi pada *Learning Management System* (LMS) SINAU di Universitas Jenderal Achmad Yani dengan mengombinasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Desain *mixed-method* tipe konvergen diterapkan dengan pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif yang dilakukan dalam periode penelitian yang sama. Pendekatan kuantitatif diarahkan untuk menilai tingkat kematangan tata kelola TI melalui instrumen kuesioner yang disusun berdasarkan kerangka kerja COBIT 2019, sedangkan pendekatan kualitatif dilakukan melalui wawancara mendalam guna memperkaya konteks dan interpretasi hasil kuantitatif. Integrasi kedua data dilakukan pada tahap analisis untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif serta meningkatkan validitas hasil melalui triangulasi metode [31].

2.1 Metode pengumpulan data, instrumen penelitian, dan metode pengujian

Penelitian dilaksanakan di lingkungan akademik Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI) dengan objek utama sistem LMS SINAU. Partisipan penelitian terdiri dari mahasiswa, dosen, dan pengelola TI yang berperan sebagai pengguna utama dan administrator sistem. Teknik *purposive sampling* digunakan untuk memastikan keterwakilan setiap peran kunci, dengan memilih responden yang paling memahami konteks operasional maupun strategis SINAU [32]. Data kuantitatif dikumpulkan dari ketiga kelompok responden, sedangkan wawancara mendalam difokuskan pada pengelola TI dan dosen aktif untuk memperoleh perspektif manajerial dan operasional. Kriteria responden mencakup pengguna aktif yang sudah pernah menggunakan Sistem Manajemen Pembelajaran SINAU.

Instrumen penelitian berupa kuesioner dan pedoman wawancara dikembangkan berdasarkan kerangka kerja COBIT 2019 [33]. Kuesioner terdiri atas 35 butir pernyataan yang merepresentasikan 16 proses terpilih dari lima domain utama COBIT 2019. Pemilihan proses dilakukan berdasarkan prinsip *Design Factors* dalam COBIT 2019 dengan mempertimbangkan relevansi terhadap karakteristik tata kelola TI di perguruan tinggi. Pendekatan serupa diterapkan pada penelitian sebelumnya [25], [27] Evaluasi difokuskan pada proses tata kelola TI yang berhubungan dengan aspek perencanaan, implementasi, penyediaan layanan, serta evaluasi sistem informasi akademik, dengan setiap indikator dinilai menggunakan skala Likert lima tingkat. Nilai rata-rata dari setiap pernyataan dihitung untuk memperoleh skor per domain, yang kemudian dipetakan ke dalam skala tingkat kematangan COBIT 2019 (0–5) sesuai model *Process Capability* [33]. Panduan wawancara semi-terstruktur disusun untuk menggali faktor-faktor kontekstual dari dosen dan pengelola sistem. Sebelum pengumpulan data utama, seluruh instrumen diuji melalui *pilot test* dan dianalisis menggunakan uji validitas serta reliabilitas (Cronbach's Alpha) untuk memastikan kelayakan pengukuran [34].

2.2 Tahapan penelitian

Pengumpulan dan analisis data dilakukan secara bersamaan sesuai dengan kerangka *convergent mixed-method*. Data kuantitatif yang diperoleh diolah menggunakan analisis statistik deskriptif untuk menentukan nilai rata-rata tingkat kematangan pada masing-masing proses dan domain COBIT 2019, Selanjutnya dilakukan analisis kesenjangan dengan membandingkan kondisi tata kelola TI yang berjalan saat ini dengan tingkat kematangan yang ditargetkan, guna menetapkan area yang memerlukan prioritas peningkatan [33]. Data hasil wawancara dianalisis secara kualitatif menggunakan pendekatan *thematic analysis* [35] melalui proses pengkodean, pengelompokan kategori, dan penentuan tema utama yang menggambarkan kondisi pengelolaan LMS. Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif kemudian diintegrasikan menggunakan strategi data *convergence* untuk menghasilkan interpretasi yang menyeluruh. Integrasi ini menghasilkan pemahaman komprehensif yang menjadi dasar penyusunan *roadmap* strategis peningkatan tata kelola TI di lingkungan perguruan tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan temuan penelitian terkait tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi pada LMS SINAU beserta pembahasan yang mendukung hasil tersebut. Temuan disusun secara berurutan, dimulai dari hasil pengukuran kuantitatif menggunakan COBIT 2019, analisis kesenjangan (*gap analysis*), temuan kualitatif dari wawancara mendalam, hingga integrasi hasil keduanya yang menjadi dasar penyusunan *roadmap* strategis peningkatan tata kelola TI.

3.1 Deskripsi Responden dan Hasil Uji Instrumen

Sebanyak 96 responden berpartisipasi dalam studi ini dan dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama pengguna LMS SINAU, yaitu mahasiswa (68,8%), dosen (26,0%), dan pengelola atau administrator sistem (5,2%). Komposisi ini mencerminkan proporsi aktual pengguna SINAU di lingkungan Universitas Jenderal Achmad Yani, di mana mahasiswa menjadi kelompok dominan dalam aktivitas pembelajaran daring. Sebagian besar responden (80,2%) telah menggunakan SINAU lebih dari enam bulan, dan sekitar 69,8% mengakses sistem minimal tiga kali per minggu, yang menunjukkan tingkat keterlibatan dan familiaritas tinggi terhadap platform. Distribusi lengkap karakteristik responden disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Responden

Karakteristik	Kategori	Jumlah (n)	Persentase (%)
Kelompok Responden	Mahasiswa	66	68,8
	Dosen	25	26,0
	Pengelola/Admin	5	5,2
Lama Menggunakan SINAU	< 6 Bulan	19	19,8
	6 - 12 Bulan	29	30,2
	1 - 2 Tahun	28	29,2
	> 2 Tahun	20	20,8
Frekuensi Menggunakan SINAU	Setiap Hari	38	39,6
	3 - 5 kali / minggu	29	30,2
	1 - 2 kali / minggu	19	19,8
	Jarang (< 1 kali / minggu)	10	10,4

Data ini menunjukkan bahwa mayoritas responden merupakan pengguna aktif dengan pengalaman cukup lama menggunakan SINAU, sehingga layak merepresentasikan persepsi dan pengalaman nyata terhadap aspek tata kelola TI. Sebelum dilakukan analisis tingkat kematangan, uji validitas dan reliabilitas dilakukan terhadap instrumen kuesioner untuk memastikan kelayakan pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 35 butir pernyataan memenuhi kriteria validitas dengan nilai korelasi item-total yang melampaui batas minimum yang ditetapkan di atas 0,30. Nilai Cronbach's Alpha total sebesar 0,88 menandakan konsistensi internal yang sangat baik. Secara rinci, nilai reliabilitas pada masing-masing domain COBIT 2019 berkisar antara 0,82 hingga 0,86, yang dikategorikan tinggi [36]. Rincian hasil reliabilitas per domain ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Domain	Jumlah Butir	Nilai Cronbach's Alpha (α)	Interpretasi
EDM (<i>Evaluate, Direct, Monitor</i>)	6	0,82	Konsistensi baik pada butir tata kelola manfaat dan risiko.
APO (<i>Align, Plan, Organize</i>)	8	0,84	Stabil pada aspek perencanaan, SDM, dan manajemen risiko.
BAI (<i>Build, Acquire, Implement</i>)	6	0,85	Konsistensi tinggi pada butir perubahan sistem dan evaluasi rilis.
DSS (<i>Deliver, Service, Support</i>)	9	0,86	Reliabilitas sangat baik pada aspek operasional dan dukungan layanan.
MEA (<i>Monitor, Evaluate, Assess</i>)	6	0,83	Stabil pada aspek pemantauan kinerja dan audit internal.
Total	35	0,88	Instrumen layak digunakan untuk analisis <i>maturity</i> .

Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap domain COBIT 2019 memiliki reliabilitas tinggi dan instrumen yang digunakan mampu mengukur konstruk yang sama secara konsisten, yaitu tingkat kematangan tata kelola TI pada LMS SINAU. Dengan demikian, data yang dikumpulkan dari 96 responden dinilai valid, reliabel, dan representatif, sehingga layak digunakan untuk analisis pengukuran tingkat kematangan dan penyusunan *roadmap* strategis pada tahap berikutnya.

3.2 Hasil Pengukuran Tingkat Kematangan

Penilaian tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi dilakukan dengan mengacu pada lima domain utama yang ditetapkan dalam kerangka kerja COBIT 2019, Kelima domain tersebut meliputi *Evaluate, Direct, and Monitor* (EDM), *Align, Plan, and Organize* (APO), *Build, Acquire, and Implement* (BAI), *Deliver, Service, and Support* (DSS), serta *Monitor, Evaluate, and Assess* (MEA). Penilaian dilakukan terhadap 35 butir pernyataan menggunakan skala Likert 1–5. Setiap skor rata-rata domain merepresentasikan tingkat pengelolaan dan pengendalian proses TI di lingkungan LMS SINAU.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai kematangan tata kelola TI secara keseluruhan berada pada level rata-rata 2,32. *Managed* (awal). Berdasarkan *Process Capability Model* COBIT 2019, level ini menunjukkan bahwa aktivitas TI telah dilaksanakan dan sebagian mulai dikelola secara konsisten, namun dokumentasi dan standarisasi antar-unit belum sepenuhnya berjalan. Rata-rata nilai dan interpretasi per domain disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Maturity Level*

Domain	Mean (Aktual)	Interpretasi
EDM	2,43	Proses telah dijalankan, namun komunikasi manfaat dan risiko belum konsisten.
APO	2,15	Perencanaan, SLA, dan koordinasi lintas unit belum terstandar.
BAI	2,12	Manajemen perubahan belum formal, dokumentasi masih terbatas.
DSS	2,66	Operasional stabil dan <i>helpdesk</i> responsif, meski belum memiliki SLA formal.
MEA	2,14	Monitoring KPI belum sistematis, audit internal belum dilakukan.
Rata-rata Keseluruhan	2,32	Proses TI berjalan tetapi belum terdokumentasi secara menyeluruh.

Temuan tersebut memperlihatkan bahwa domain DSS memperoleh skor tertinggi (2,66), menandakan kekuatan utama tata kelola TI terletak pada stabilitas operasional dan dukungan layanan. Sebaliknya, domain BAI (2,12) dan MEA (2,14) menunjukkan nilai terendah, yang mengindikasikan perlunya peningkatan pada aspek manajemen perubahan dan mekanisme pemantauan kinerja. Temuan ini mengindikasikan bahwa LMS SINAU telah berada pada tahap kematangan awal yang operasional, namun masih memerlukan penguatan pada aspek dokumentasi dan pengendalian formal untuk mencapai proses yang terstandarisasi lintas unit.

3.3 Analisis Kesenjangan

Analisis kesenjangan dilakukan untuk membandingkan tingkat kematangan aktual dengan tingkat kematangan target yang diharapkan. Berdasarkan panduan COBIT 2019, organisasi umumnya menargetkan Level 3 (*Established Process*) sebagai standar kematangan yang ideal, yang menggambarkan kondisi di mana proses TI telah dirumuskan secara jelas dan dijalankan secara konsisten di seluruh unit organisasi. Perhitungan *gap* dilakukan dengan mengurangkan nilai aktual dari target level (3,00) untuk setiap domain. Hasilnya disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Analisis Kesenjangan

Domain	Target Level	Gap	Prioritas Peningkatan
EDM	3	0,57	Perkuat komunikasi strategis dan pelaporan manfaat TI.
APO	3	0,85	Formalisasi SLA dan koordinasi lintas unit.
BAI	3	0,88	Standarisasi prosedur perubahan dan evaluasi pasca-rilis.
DSS	3	0,34	Perbaiki dokumentasi operasional dan SLA formal.
MEA	3	0,86	Kembangkan <i>dashboard</i> KPI dan audit internal berkala.
Rata-rata	3	0,68	Prioritas utama pada domain APO, BAI, dan MEA.

Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata kesenjangan 0,68 mengindikasikan kebutuhan peningkatan yang cukup besar untuk mencapai proses yang terstandar. Domain DSS memiliki gap terkecil (0,34), mencerminkan konsistensi relatif tinggi pada aspek layanan dan dukungan operasional. Sebaliknya, domain BAI (0,88), MEA (0,86), dan APO (0,85) menampilkan kesenjangan terbesar, yang menegaskan perlunya prioritas pada penguatan manajemen perubahan, pengembangan sistem pemantauan kinerja, serta penetapan kebijakan perencanaan dan koordinasi lintas unit.

3.4 Hasil Wawancara Mendalam

Untuk melengkapi data kuantitatif dari kuesioner, dilakukan wawancara mendalam dengan delapan partisipan, terdiri dari lima dosen pengguna LMS SINAU (D1-D5) dan tiga pengelola sistem (A1-A3). Proses analisis dilakukan menggunakan pendekatan analisis tematik sebagaimana dijelaskan oleh Braun, yang meliputi tahap familiarisasi data, pembuatan kode awal (*open coding*), pengelompokan kode ke dalam kategori (*axial coding*), dan penentuan tema utama (*selective coding*). Seluruh tahapan analisis dilakukan secara manual menggunakan tabel matriks untuk menjaga konsistensi antara hasil wawancara dan kerangka domain COBIT 2019 [37]. Hasil wawancara mendalam disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Analisis Tematik

<i>Coding Terbuka (Open)</i>	<i>Pengelompokan (Axial)</i>	<i>Tema Utama (Selective)</i>	<i>Contoh Kutipan / Catatan</i>
“Sosialisasi awal, jarang update”, “Dokumen ada, tidak semua baca”	Komunikasi manfaat sporadis	Komunikasi strategi & manfaat kurang konsisten (EDM02)	“Sosialisasi hanya di awal semester, selanjutnya tidak ada pembaruan.” (D1)
“Info via WA”, “Notifikasi manual”, “Kanal resmi belum baku”	Komunikasi insiden <i>ad hoc</i>	Manajemen risiko & komunikasi insiden belum formal (EDM03/DSS02)	“Info gangguan hanya lewat WA, belum ada kanal resmi.” (D2, A2)
“Tidak ada SLA tertulis”, “Draft ada, belum disahkan”	SLA belum disahkan / <i>monitoring</i>	Ketiadaan SLA/OLA formal (APO09)	“Belum ada SLA resmi, hanya kesepakatan informal.” (A1, D3)
“Pernah <i>bug</i> pasca rilis”, “CR <i>log</i> ada, uji regresi kadang”	<i>Change management</i> parsial	<i>Change management</i> tidak terstruktur (BAI06/BAI07)	“CR <i>log</i> ada tapi tidak stabil, tidak semua perubahan terdokumentasi.” (A1)
“Respons cepat via WA/email”, “Baik via email”	Respons operasional cepat	Operasional & <i>helpdesk</i> relatif kuat (DSS02)	“Jika ada kendala, respons cepat dari tim IT via WA.” (D1, D4)
“Tidak ada <i>dashboard</i> ”, “Belum audit LMS”	<i>Monitoring / audit</i> lemah	<i>Monitoring KPI & audit internal</i> belum berjalan (MEA01/MEA02)	“Audit belum khusus untuk LMS, baru rencana pembuatan

<i>Coding Terbuka (Open)</i>	<i>Pengelompokan (Axial)</i>	<i>Tema Utama (Selective)</i>	<i>Contoh Kutipan / Catatan</i>
“KB artikel belum lengkap”, “Prioritisasi ada”	Dukungan <i>knowledge</i> terbatas	<i>Problem management</i> terbatas (DSS03)	“Belum ada basis pengetahuan lengkap untuk kasus berulang.” (A3, D5)

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh tujuh tema utama yang menggambarkan kondisi aktual tata kelola TI di LMS SINAU:

a) Komunikasi strategi dan manfaat kurang konsisten (EDM02).

Responden menyebutkan bahwa sosialisasi tujuan dan manfaat SINAU hanya dilakukan pada awal semester, tanpa pembaruan berkala. Kondisi ini menunjukkan lemahnya mekanisme *governance communication* yang berdampak pada kesadaran pengguna terhadap arah strategis sistem.

b) Manajemen risiko dan komunikasi insiden belum formal (EDM03/DSS02).

Pengelolaan insiden masih bersifat *ad hoc* dengan media komunikasi tidak resmi seperti grup WhatsApp. Hal ini sejalan dengan hasil survei kuantitatif pada domain DSS yang memiliki gap kecil, namun prosesnya belum terdokumentasi atau memiliki kanal publik resmi.

c) Ketiadaan SLA/OLA formal (APO09).

Baik dosen maupun pengelola mengonfirmasi belum adanya dokumen SLA/OLA yang disahkan. *Draft* perjanjian sudah ada namun belum menjadi acuan formal, sehingga pemantauan kualitas layanan belum dapat diukur secara objektif.

d) *Change management* tidak terstruktur (BAI06/BAI07).

Proses perubahan sistem dilakukan berdasarkan kebutuhan mendesak tanpa jadwal tetap. Dokumentasi perubahan seperti *change request log* atau *post-implementation review* (PIR) masih terbatas. Temuan ini memperkuat hasil *gap analysis* di domain BAI dengan selisih terbesar (0,88).

e) Operasional & *helpdesk* relatif kuat (DSS02).

Tim teknis dinilai cepat dalam menangani kendala pengguna. Komunikasi langsung melalui media cepat seperti WA dan email membantu menjaga stabilitas operasional. Meskipun demikian, belum ada *service-level metrics* yang terdokumentasi.

f) *Monitoring KPI & audit internal* belum berjalan (MEA01/MEA02).

Audit sistem LMS masih digabung dengan sistem universitas lainnya, tanpa indikator performa khusus.

Pengelola menyebutkan bahwa *dashboard* audit sedang dikembangkan.

g) *Problem management* terbatas (DSS03).

Basis pengetahuan (*knowledge base*) belum lengkap, sehingga banyak insiden berulang tidak terdokumentasi. Hal ini menunjukkan belum adanya siklus pembelajaran berkelanjutan dari masalah yang telah terjadi.

Secara umum, temuan wawancara menunjukkan bahwa kelemahan utama tata kelola TI LMS SINAU terletak pada kurangnya dokumentasi formal dan standarisasi proses, sementara kekuatan utamanya terdapat pada respons operasional yang cepat. Hasil ini memberikan konteks dan pemahaman mendalam terhadap kondisi aktual tata kelola TI dari perspektif pengguna dan pengelola sistem.

3.5 Sintesis Hasil Penelitian

Sintesis hasil penelitian dilakukan untuk mengintegrasikan temuan kuantitatif dan kualitatif guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi tata kelola TI LMS SINAU. Integrasi dilakukan dengan pendekatan *convergent parallel*, dan data *triangulation* [37], di mana hasil pengukuran kuantitatif dibandingkan dengan tema-tema utama hasil wawancara untuk mengidentifikasi kesamaan dan perbedaan pola antar domain COBIT 2019.

Tabel 6. Sintesis Hasil Kuantitatif dan Kualitatif

Domain	Nilai Kuantitatif (Mean)	Tema Tematik Kualitatif	Interpretasi Integratif
EDM02	2,43	Komunikasi strategi & manfaat kurang konsisten	Proses tata kelola telah dijalankan, namun arah strategis dan manfaat SINAU belum tersampaikan merata ke seluruh pemangku kepentingan. Perlu strategi komunikasi formal dan forum koordinasi berkala.
EDM03 / DSS02	2,66	Manajemen risiko & komunikasi insiden belum formal	Nilai kematangan cukup tinggi tetapi belum didukung dokumentasi resmi. Kanal pelaporan insiden perlu distandarisasi agar tidak bergantung pada komunikasi informal.
APO09	2,15	Ketiadaan SLA/OLA formal	Temuan ini konsisten dengan hasil wawancara yang menunjukkan belum adanya SLA/OLA yang disahkan. Tanpa indikator kinerja formal, kualitas layanan belum dapat diukur secara objektif.
BAI06 / BAI07	2,12	<i>Change management</i> tidak terstruktur	Gap terbesar pada domain ini dikonfirmasi secara kualitatif: proses perubahan dilakukan <i>ad hoc</i> tanpa jadwal dan

Domain	Nilai Kuantitatif (Mean)	Tema Tematik Kualitatif	Interpretasi Integratif
DSS02 / DSS03	2,66	Operasional & <i>helpdesk</i> relatif kuat, namun <i>problem management</i> terbatas	dokumentasi tetap. Perlu sistem manajemen perubahan terpusat. Domain layanan dan dukungan relatif matang, namun dokumentasi insiden dan basis pengetahuan masih minim sehingga pembelajaran dari masalah berulang belum optimal.
MEA01 / MEA02	2,14	<i>Monitoring KPI & audit</i> internal belum berjalan	Rendahnya skor konsisten dengan hasil wawancara yang menunjukkan belum adanya audit khusus untuk LMS dan belum tersedianya dasbor pemantauan kinerja.
Keseluruhan (rata-rata)	2,32		Tata kelola TI SINAU berada pada tahap <i>Managed</i> (awal): proses sudah berjalan, namun belum terdokumentasi dan terstandarisasi di seluruh domain.

Hasil integrasi di Tabel 6 menunjukkan konsistensi yang tinggi antara data kuantitatif dan kualitatif. Domain dengan nilai kematangan rendah, seperti APO09 (SLA/OLA), BAI06–BAI07 (*Change Management*), dan MEA01–MEA02 (*Monitoring dan Audit*), juga muncul sebagai tema kelemahan utama pada wawancara. Sebaliknya, domain DSS02 menunjukkan nilai dan persepsi yang relatif baik karena didukung respons operasional cepat dan koordinasi teknis yang efektif.

Temuan ini menegaskan bahwa permasalahan utama tata kelola TI LMS SINAU tidak terletak pada aspek teknis pelaksanaan, melainkan pada kurangnya dokumentasi formal, kebijakan tertulis, serta mekanisme pemantauan berkelanjutan. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian [25], [27], yang menunjukkan bahwa penguatan kebijakan tata kelola dan penetapan SLA berperan penting dalam meningkatkan konsistensi dan efektivitas pengelolaan TI di institusi pendidikan tinggi. Dengan demikian, prioritas peningkatan tata kelola LMS SINAU perlu difokuskan pada pembentukan kebijakan formal, penetapan SLA yang terukur, serta pengembangan sistem *monitoring* dan audit internal yang terintegrasi, yang akan menjadi dasar penyusunan *roadmap* strategis pada bagian berikutnya.

3.6 Roadmap Peningkatan Tata Kelola Teknologi Informasi

Berdasarkan hasil *gap analysis* dan temuan wawancara, disusun sebuah *roadmap* strategis sebagai panduan peningkatan kematangan tata kelola TI pada sistem LMS SINAU. Tujuan utama *roadmap* ini adalah membantu Universitas Jenderal Achmad Yani mencapai Level 3

(*Established Process*) dalam lima domain COBIT 2019 melalui penguatan kebijakan, dokumentasi formal, serta peningkatan kemampuan pengawasan dan evaluasi internal.

Menurut ISACA, penyusunan *improvement roadmap* dalam konteks COBIT 2019 mencakup penetapan prioritas domain, perumusan tindakan perbaikan terukur, serta penjadwalan implementasi bertahap yang realistis dan berkelanjutan sesuai kapasitas organisasi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *continuous governance improvement* [17], yang menekankan perbaikan berulang terhadap proses dan penguatan keselarasan antara TI dan strategi institusi.

Tabel 7. *Roadmap*

Domain Prioritas	Kondisi Saat Ini	Rencana Peningkatan	Target & Indikator
APO09 (<i>Service Agreement Management</i>)	Belum ada SLA/OLA formal; kesepakatan masih informal	Menyusun dan mengesahkan dokumen SLA/OLA antar unit (akademik, IT, dan manajemen); mensosialisasikan metrik layanan	Dokumen SLA/OLA disetujui dan diimplementasikan; metrik layanan diukur tiap semester
BAI06-BAI07 (<i>Change Management & Release Management</i>)	Proses perubahan tidak terstruktur; tidak ada kalender rilis	Membentuk tim <i>Change Control Board</i> (CCB); menetapkan prosedur perubahan, pengujian regresi, dan <i>Post Implementation Review</i> (PIR)	SOP perubahan dan jadwal rilis terdokumentasi; setiap rilis memiliki laporan PIR
MEA01- MEA02 (<i>Performance & Compliance Monitoring</i>)	Belum ada dasbor KPI dan audit internal khusus LMS	Membangun <i>dashboard</i> monitoring KPI TI; melakukan audit tahunan LMS	<i>Dashboard</i> KPI aktif; laporan audit internal diterbitkan setiap tahun
EDM02 (<i>Benefits Delivery</i>)	Komunikasi strategi belum rutin; sosialisasi hanya di awal semester	Membuat forum koordinasi berkala dan laporan manfaat TI per semester	Tersedia laporan manfaat TI yang dipublikasikan kepada unit pengguna
EDM03/DSS02 (<i>Risk & Incident Management</i>)	Komunikasi insiden masih ad hoc; belum ada kanal resmi	Mengembangkan sistem pelaporan insiden terintegrasi (<i>helpdesk online</i>) dan SOP notifikasi	Kanal insiden resmi aktif; waktu respons & resolusi terukur
DSS03 (<i>Problem Management</i>)	Basis pengetahuan belum lengkap; evaluasi insiden terbatas	Membuat <i>Knowledge Base</i> (KB) insiden dan sistem pelacakan masalah berulang	Basis pengetahuan tersedia dan diperbarui; penurunan insiden berulang >30%

Implementasi *roadmap* pada Tabel 7 direncanakan dalam tiga tahapan waktu:

- Tahap jangka pendek (0-6 bulan) difokuskan pada domain EDM dan APO, yaitu memperkuat komunikasi strategis serta menetapkan dokumen *Service Level Agreement* (SLA) formal.
- Tahap jangka menengah (6-12 bulan) diarahkan pada domain BAI dan MEA, yang mencakup pembentukan

Change Control Board (CCB), pengembangan *dashboard* audit, dan pelaksanaan audit internal tahunan.

- Tahap jangka panjang (12-18 bulan) difokuskan pada DSS03, yaitu penguatan *problem management* dan pengembangan *knowledge base* untuk memastikan keberlanjutan peningkatan layanan.

Penerapan *roadmap* ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas tata kelola TI secara terukur. Pada tahap awal, formalisasi komunikasi strategis dan SLA diproyeksikan meningkatkan kepuasan pengguna serta memperjelas tanggung jawab antar unit. Pada tahap menengah, penerapan CCB dan audit tahunan diperkirakan menurunkan gangguan sistem berulang hingga 30%, sedangkan pada tahap akhir penguatan *problem management* diharapkan menekan waktu penyelesaian insiden (*Mean Time to Repair* – MTTR) hingga 50%.

Secara keseluruhan, *roadmap* ini diarahkan untuk mewujudkan tata kelola TI yang terdokumentasi, terukur, dan adaptif terhadap kebutuhan universitas. Prinsip dan tahapan dalam *roadmap* ini juga dapat diadaptasi oleh perguruan tinggi lain yang mengembangkan LMS lokal, sebagai panduan menuju tata kelola TI yang berkelanjutan dan berbasis pada *best practices* COBIT 2019.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan penilaian terhadap tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi pada *Learning Management System* (LMS) SINAU di Universitas Jenderal Achmad Yani dengan menggunakan kerangka kerja COBIT 2019. Melalui penerapan pendekatan *mixed methods*, hasil survei berbasis kuesioner dikombinasikan dengan wawancara mendalam guna membangun pemahaman yang komprehensif mengenai penerapan tata kelola TI di lingkungan universitas. Hasil evaluasi terhadap lima domain COBIT 2019 menunjukkan bahwa tingkat kematangan tata kelola TI berada pada nilai rata-rata 2,32, yang merepresentasikan level *Managed* pada tahap awal, di mana proses telah berjalan namun belum sepenuhnya terdokumentasi dan terstandarisasi. secara konsisten di seluruh unit kerja.

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa kekuatan utama tata kelola TI SINAU berada pada domain *Deliver, Service, and Support* (DSS), yang ditandai oleh stabilitas operasional serta kecepatan respons terhadap gangguan layanan. Sebaliknya, peningkatan tata kelola TI masih diperlukan pada domain *Align, Plan, and Organize* (APO), *Build, Acquire, and Implement* (BAI), serta *Monitor, Evaluate, and Assess* (MEA), yang menunjukkan kesenjangan cukup besar terhadap target kematangan Level 3.

Secara keseluruhan, tata kelola TI LMS SINAU sudah memiliki dasar operasional yang baik dan dukungan teknis yang responsif. Namun, keberlanjutan dan efektivitas jangka panjang hanya dapat dicapai apabila organisasi

memperkuat aspek kebijakan formal, dokumentasi proses, dan mekanisme evaluasi kinerja yang berkesinambungan. Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting baik dari sisi akademik maupun praktis. Dari perspektif akademik, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kerangka kerja COBIT 2019 dapat diterapkan secara efektif sebagai alat untuk mengevaluasi tingkat kematangan tata kelola TI di institusi pendidikan tinggi, khususnya pada sistem pembelajaran daring. Studi ini juga memberikan kontribusi metodologis dengan mengombinasikan pendekatan kuantitatif (survei berbasis domain COBIT) dan kualitatif (analisis tematik wawancara) yang memungkinkan pemahaman lebih mendalam terhadap konteks tata kelola di sektor pendidikan. Dari sisi praktis, hasil penelitian menjadi dasar bagi universitas untuk melakukan peningkatan tata kelola TI secara terarah. Rekomendasi strategis yang dihasilkan mengacu pada *roadmap* peningkatan dengan tiga fokus utama:

- a. Disarankan agar universitas menetapkan dokumen *Service Level Agreement (SLA)*, *Operational Level Agreement (OLA)*, serta prosedur perubahan sistem yang terdokumentasi. Langkah ini akan memastikan bahwa seluruh proses TI berjalan sesuai standar yang dapat diukur dan diaudit.
- b. Pengembangan *dashboard* indikator kinerja utama (KPI) dan audit tahunan untuk LMS akan meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan TI.
- c. Pelatihan bagi pengelola TI dan staf akademik perlu dilakukan agar kesadaran terhadap tata kelola dan manajemen risiko meningkat.

Selain itu, komunikasi strategis terkait manfaat sistem SINAU harus diperkuat melalui forum rutin antar unit. Implementasi bertahap dari rekomendasi tersebut diharapkan dapat membawa tingkat kematangan tata kelola TI LMS SINAU menuju Level 3 (*Established Process*) dalam jangka waktu 12-18 bulan. Selain memberikan manfaat bagi institusi yang diteliti, penelitian ini juga berpotensi menjadi rujukan bagi perguruan tinggi lain yang bermaksud melakukan evaluasi serupa terhadap sistem pembelajaran daring dan pengelolaan teknologi informasinya.

Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi tidak hanya dalam mengukur tingkat kematangan tata kelola TI pada LMS SINAU, tetapi juga dalam menyediakan panduan strategis berbasis bukti bagi peningkatan tata kelola TI di institusi pendidikan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Buhari, R. Suganya, and S. Rajaram, "Student's Performance through Online and Offline in core Information Technology courses: A Comparison," *Journal of Engineering Education Transformations*, vol. 35, no. S1, pp. 243–248, Jan. 2022, doi: 10.16920/jeet/2022/v35is1/22035.
- [2] D. J. Surjawan, A. Z. R. Langi, and R. V. Imbar, "Digital Transformation for Institution Operations in Higher Education: A Literature Review," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 61457–61468, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3557446.
- [3] M. A. M. Hashim, I. Tlemsani, and R. Matthews, "Higher education strategy in digital transformation," *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 27, no. 3, pp. 3171–3195, Apr. 2022, doi: 10.1007/s10639-021-10739-1.
- [4] A. Fernández, B. Gómez, K. Binjaku, and E. K. Meçe, "Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review," *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 28, no. 10, pp. 12351–12382, Oct. 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11544-0.
- [5] A. Pacheco, R. Yupanqui, D. Mogrovejo, J. Garay, and Y. Uribe-Hernández, "Impact of digitization on educational management: Results of the introduction of a learning management system in a traditional school context," *Comput. Hum. Behav. Rep.*, vol. 17, no. 100592, p. 100592, Mar. 2025.
- [6] D. Al-Fraihat, M. Joy, R. Masa'deh, and J. Sinclair, "Evaluating E-learning systems success: An empirical study," *Comput. Human Behav.*, vol. 102, pp. 67–86, Jan. 2020.
- [7] D. Turnbull, R. Chugh, and J. Luck, "Learning Management Systems, An Overview," in *Encyclopedia of Education and Information Technologies*, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 1052–1058. doi: 10.1007/978-3-030-10576-1_248.
- [8] E. Kaunda and T. Pelsler, "A Strategic Corporate Governance Framework For State-Owned Enterprises In The Developing Economy," *Journal of Governance and Regulation*, vol. 11, no. 2 Special issue, 2022, doi: 10.22495/jgrv11i2siart5.
- [9] P. Weill and J. W. Ross, "IT Governance on One Page," *SSRN Electronic Journal*, 2004, doi: 10.2139/ssrn.664612.
- [10] C. H. Karjo and W. Andreani, "E-learning challenges for lecturers in Indonesia higher education institutions," in *2023 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)*, IEEE, Mar. 2023.
- [11] Y. A. Saputra, M. L. Singgih, E. Latiffianti, and E. and M. Suryani, "A study on course management system implementation in Indonesian higher

- education institutions,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 337, p. 12059, Apr. 2018.
- [12] T. Tere, H. B. Seta, A. N. Hidayanto, and Z. Abidin, “Variables affecting E-learning services quality in Indonesian higher education: Students’ perspectives,” *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 19, pp. 259–286, 2020.
- [13] I. S. Bianchi, R. D. Sousa, and R. Pereira, “Information Technology Governance for Higher Education Institutions: A Multi-Country Study,” *Informatics*, vol. 8, no. 2, p. 26, Apr. 2021, doi: 10.3390/informatics8020026.
- [14] I. Austin and G. A. Jones, “Emerging trends in higher education governance: reflecting on performance, accountability and transparency,” in *Research Handbook on Quality, Performance and Accountability in Higher Education*, Edward Elgar Publishing, 2018, doi: 10.4337/9781785369759.00053.
- [15] A. M. Syed, S. Ahmad, A. Alaraifi, and W. Rafi, “Identification of operational risks impeding the implementation of eLearning in higher education system,” *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 26, no. 1, pp. 655–671, Jan. 2021, doi: 10.1007/s10639-020-10281-6.
- [16] A. F. Pattaro, P. e Sá, and J. A. M. de Kruijf, “Transparency and accountability in higher education as a response to external stakeholders and rules: A comparison between three country-case studies,” in *SIDREA Series in Accounting and Business Administration*, Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 15–47.
- [17] S. De Haes, W. Van Grembergen, A. Joshi, and T. Huygh, “COBIT as a Framework for Enterprise Governance of IT,” 2020, pp. 125–162. doi: 10.1007/978-3-030-25918-1_5.
- [18] Y. B. Dionisius and D. N. Utama, “Evaluation of the Implementation of Business Continuity Management Using COBIT 2019 Framework in Public Sector,” *Journal of System and Management Sciences*, vol. 13, no. 2, Apr. 2023, doi: 10.33168/JSMS.2023.0228.
- [19] P. Solana-González, A. A. Vanti, M. M. García Lorenzo, and R. E. Bello Pérez, “Data Mining to Assess Organizational Transparency across Technology Processes: An Approach from IT Governance and Knowledge Management,” *Sustainability*, vol. 13, no. 18, p. 10130, Sep. 2021, doi: 10.3390/su131810130.
- [20] P. Akhavan and M. Philsoophian, “Designing an expert fuzzy system to select the appropriate knowledge management strategy in accordance with APO model and Bloodgood KM strategies,” *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, vol. 48, no. 2, pp. 277–293, May 2018, doi: 10.1108/VJIKMS-08-2017-0051.
- [21] H. Bouayad, L. Benabbou, and A. Berrado, “Aligning Information Technology and Supply Chain,” *International Journal of Information System Modeling and Design*, vol. 12, no. 3, pp. 1–26, Jul. 2021, doi: 10.4018/IJISMD.2021070101.
- [22] S. Iqbal, M. L. M. Kiah, N. B. Anuar, B. Daghighi, A. W. A. Wahab, and S. Khan, “Service delivery models of cloud computing: security issues and open challenges,” *Security and Communication Networks*, vol. 9, no. 17, pp. 4726–4750, Nov. 2016, doi: 10.1002/sec.1585.
- [23] Y. Bounagui, A. Mezrioui, and H. Hafiddi, “Toward a unified framework for Cloud Computing governance: An approach for evaluating and integrating IT management and governance models,” *Comput Stand Interfaces*, vol. 62, pp. 98–118, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.csi.2018.09.001.
- [24] T. R. McIntosh *et al.*, “From COBIT to ISO 42001: Evaluating cybersecurity frameworks for opportunities, risks, and regulatory compliance in commercializing large language models,” *Comput. Secur.*, vol. 144, no. 103964, p. 103964, Sep. 2024.
- [25] M. A. Saputra and M. R. Redo, “Penerapan Framework Cobit 2019 Untuk Perancangan Tata Kelola Teknologi Informasi Pada Perguruan Tinggi,” *Journal Of Science And Social Research*, vol. 4, no. 3, p. 352, Oct. 2021, doi: 10.54314/jssr.v4i3.715.
- [26] S. Jansen, “A focus area maturity model for software ecosystem governance,” *Inf Softw Technol*, vol. 118, p. 106219, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.infsof.2019.106219.
- [27] A. Ishlahuddin, P. W. Handayani, K. Hammi, and F. Azzahro, “Analysing IT governance maturity level using COBIT 2019 framework: A case study of small size higher education institute (XYZ-edu),” in *2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, IEEE, Sep. 2020.
- [28] D. P. Siagian, B. Purwandari, and N. W. Trisnawaty, “Enhancing information technology maturity with the COBIT 2019 framework: A case study of ABC Univeristy,” *ijcs*, vol. 14, no. 1, Feb. 2025.
- [29] M. D. S. Antariksa, M. P. Angin, and A. P. Widodo, “COBIT 2019 framework in IT governance: A

- systematic literature review of implementation challenges and benefits across various industry sectors,” *J. Renew Energ. Electric. Comp Eng*, vol. 5, no. 1, pp. 99–105, Mar. 2025.
- [30] R. S. Hidayat, R. E. Indrajit, and E. Dazki, “Evaluation of information technology governance maturity using COBIT 2019: A case study on the IT security industry,” *Journal La Multiapp*, vol. 5, no. 4, pp. 478–487, Aug. 2024.
- [31] J. W. Creswell and V. L. P. Clark, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. SAGE Publications, 2017.
- [32] L. Cohen, L. Manion, and K. Morrison, *Research Methods in Education*. London: Routledge, 2017. doi: 10.4324/9781315456539.
- [33] I. S. Audit and C. Association, *COBIT 2019 Framework: Governance and Management Objectives*. ISACA, 2018.
- [34] J. Hair, R. Anderson, B. Black, and B. Babin, “Multivariate Data Analysis,” 2016, Accessed: Oct. 16, 2025. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?id=LKOSAgAAQBAJ>
- [35] V. Braun and V. Clarke, “Using thematic analysis in psychology,” *Qual Res Psychol*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, Jan. 2006, doi: 10.1191/1478088706qp063oa.
- [36] M. Tavakol and R. Dennick, “Making sense of Cronbach’s alpha,” *Int J Med Educ*, vol. 2, pp. 53–55, Jun. 2011, doi: 10.5116/ijme.4dfb.8dfd.
- [37] M. B. Miles, A. M. Huberman, and J. Saldana, *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*. SAGE Publications, 2018.



APLIKASI *WEBAR* BERBASIS *MARKER* UNTUK VISUALISASI TENGGORAK MANUSIA TIGA DIMENSI PADA PEMBELAJARAN IPA

Muhammad Azrul Wicaksono¹, Rohman Dijaya²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia 61271
azrulwck31@gmail.com, rohmandijaya@umsida.ac.id

Abstract

Science learning requires visual media capable of explaining abstract concepts clearly, particularly in the topic of the human skeletal system. One subject that students often find difficult to understand is the structure of the human skull due to its level of complexity. This study aims to develop an Augmented Reality (AR)-based science learning medium using marker-based AR integrated into an interactive Flipbook utilizing WebAR technology. The research method employed is Research and Development (R&D) with the ADDIE development model, which encompasses the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The results indicate that the developed learning medium is capable of displaying interactive three-dimensional visualizations of the human skull through a web browser without requiring the installation of any additional applications. Functional testing and feasibility evaluation demonstrate that this learning medium is suitable for use, with a feasibility percentage of 75.94%, indicating that the medium received a positive response from users. Therefore, this WebAR-based learning medium can serve as an innovative alternative to support conceptual understanding and enhance students' learning interest in science education.

Keywords: *Augmented Reality, Marker-Based AR, Science Learning, Human Skull, WebAR*

Abstrak

Pembelajaran IPA memerlukan media visual yang mampu menjelaskan konsep-konsep abstrak secara jelas, khususnya pada materi sistem rangka manusia. Salah satu materi yang sering sulit dipahami oleh peserta didik adalah struktur tengkorak manusia karena tingkat kompleksitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran IPA berbasis *Augmented Reality* (AR) berbasis *marker* yang terintegrasi dalam Flipbook interaktif menggunakan teknologi *WebAR*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan mampu menampilkan visualisasi tengkorak manusia tiga dimensi secara interaktif melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Pengujian fungsional dan evaluasi kelayakan menunjukkan bahwa media pembelajaran ini layak digunakan dengan persentase kelayakan sebesar 75,94%, yang menunjukkan bahwa media memperoleh respons positif dari pengguna. Dengan demikian, media pembelajaran berbasis *WebAR* ini dapat menjadi alternatif inovatif untuk mendukung pemahaman konsep serta meningkatkan minat belajar peserta didik dalam pembelajaran IPA.

Kata kunci: *Augmented Reality, Marker-Based AR, Pembelajaran IPA, Tengkorak Manusia, WebAR*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Transformasi digital mendorong pendidik untuk tidak hanya mengandalkan metode pembelajaran konvensional, tetapi juga memanfaatkan teknologi sebagai media pendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan inovatif. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran diharapkan mampu meningkatkan kualitas

proses belajar mengajar, khususnya dalam membantu peserta didik memahami materi yang bersifat abstrak dan kompleks[1].

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan salah satu mata pelajaran yang menuntut pemahaman konsep secara mendalam, baik secara teoritis maupun visual. Banyak materi IPA yang berkaitan dengan struktur dan fungsi objek nyata[2], seperti sistem organ dan rangka

manusia. Salah satu materi yang sering mengalami kendala dalam proses pembelajaran adalah struktur rangka manusia, khususnya tengkorak. Struktur tengkorak memiliki bentuk yang kompleks dengan banyak bagian tulang yang saling berhubungan, sehingga sulit dipahami apabila hanya disajikan melalui media gambar dua dimensi pada buku teks konvensional. Kondisi ini dapat menyebabkan peserta didik kurang tertarik dan mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang disampaikan[3][4][5].

Pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) menjadi salah satu solusi inovatif yang dapat diterapkan dalam pembelajaran IPA. Teknologi AR mampu menggabungkan objek virtual tiga dimensi dengan lingkungan nyata secara *real-time*, sehingga peserta didik dapat melihat dan berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran secara visual. Dengan AR, objek yang sebelumnya hanya dapat dibayangkan melalui gambar statis dapat ditampilkan secara lebih realistis dan interaktif. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran dapat meningkatkan minat belajar, motivasi, serta pemahaman konsep peserta didik[6].

Namun demikian, penggunaan teknologi AR berbasis aplikasi masih memiliki beberapa keterbatasan. Umumnya, aplikasi AR memerlukan proses instalasi perangkat lunak khusus yang tidak selalu kompatibel dengan semua perangkat. Selain itu, keterbatasan kapasitas penyimpanan dan spesifikasi perangkat juga menjadi kendala, terutama di lingkungan sekolah dengan fasilitas teknologi yang beragam. Hal ini menyebabkan pemanfaatan AR belum dapat diimplementasikan secara optimal di semua satuan pendidikan[7][8][9].

Sebagai alternatif dari keterbatasan tersebut, *Web-based Augmented Reality* (WebAR) hadir sebagai solusi yang lebih fleksibel dan mudah diakses. *WebAR* memungkinkan pengguna mengakses fitur AR langsung melalui peramban web tanpa perlu memasang aplikasi tambahan. Dengan memanfaatkan teknologi web[10][11][12], *WebAR* dapat digunakan pada berbagai perangkat yang memiliki kamera dan koneksi internet. Integrasi *WebAR* berbasis *marker* ke dalam Flipbook interaktif menjadikan media pembelajaran tidak hanya bersifat digital, tetapi juga interaktif dan kontekstual. Flipbook interaktif berfungsi sebagai media penyajian materi, sedangkan *marker* digunakan sebagai pemicu untuk menampilkan objek tiga dimensi ketika dipindai.

Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif bagi peserta didik. Visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk model 3D memungkinkan peserta didik mengamati struktur tengkorak dari berbagai sudut pandang[1], sehingga pemahaman konsep dapat meningkat secara signifikan. Selain itu, penggunaan *WebAR* berbasis *marker* dalam Flipbook interaktif juga mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* berbasis *marker* menggunakan teknologi *WebAR* sebagai media pembelajaran IPA yang menampilkan visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk model tiga dimensi pada Flipbook interaktif. Pengembangan media pembelajaran ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi yang inovatif, mudah diakses, dan efektif dalam mendukung proses pembelajaran IPA di sekolah, serta mampu meningkatkan pemahaman konsep dan minat belajar peserta didik[3].

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) dengan tujuan menghasilkan media pembelajaran berupa aplikasi *Web-based Augmented Reality* (*WebAR*) berbasis *marker* yang digunakan untuk memvisualisasikan struktur tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi. Pendekatan penelitian ini dipilih karena berorientasi pada proses sistematis dalam merancang, mengembangkan, serta mengevaluasi suatu produk pembelajaran yang dapat dimanfaatkan secara langsung dalam kegiatan belajar mengajar.

Metode R&D memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, merancang solusi yang sesuai, serta melakukan pengujian terhadap produk yang dikembangkan agar sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dalam konteks pembelajaran IPA, pendekatan ini sangat relevan karena materi yang disajikan memerlukan media visual yang interaktif dan kontekstual. Pengembangan aplikasi *WebAR* berbasis *marker* diharapkan mampu menjembatani keterbatasan media pembelajaran konvensional yang masih bersifat dua dimensi[13] [14][15].

Selain itu, pendekatan R&D memberikan kesempatan untuk melakukan evaluasi dan penyempurnaan produk berdasarkan umpan balik pengguna. Proses evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan, kemudahan penggunaan, serta efektivitas dalam membantu peserta didik memahami materi struktur tengkorak manusia. Dengan demikian, penggunaan pendekatan penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat menghasilkan media pembelajaran yang inovatif, praktis, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA di sekolah[16].

2.1 Model Pengembangan

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDIE yang terdiri dari lima tahapan utama, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena memiliki alur pengembangan yang sistematis, terstruktur, dan mudah diterapkan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Setiap tahapan dalam model ADDIE saling berkaitan dan mendukung proses pengembangan produk pembelajaran secara berkelanjutan.

Pada tahap *Analysis*, dilakukan analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi struktur tengkorak manusia. Tahap *Design* difokuskan pada perancangan media pembelajaran, meliputi desain antarmuka Flipbook interaktif, perancangan *marker*, serta perencanaan visualisasi objek tengkorak manusia dalam bentuk model tiga dimensi. Selanjutnya, pada tahap *Development*, media pembelajaran dikembangkan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, termasuk pembuatan objek 3D, pengembangan aplikasi WebAR, dan integrasi sistem ke dalam Flipbook interaktif.

Tahap *Implementation* dilakukan dengan menerapkan media pembelajaran yang telah dikembangkan pada lingkungan pembelajaran untuk melihat keterlaksanaan penggunaan media tersebut. Tahap terakhir, yaitu *Evaluation*, bertujuan untuk menilai kualitas, kelayakan, dan efektivitas media pembelajaran berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik pengguna. Dengan penerapan model ADDIE, pengembangan media pembelajaran ini diharapkan dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan mendukung proses pembelajaran IPA secara optimal. [17][18][19].

2.1.1 Analysis

Tahap analisis merupakan tahap awal dalam model pengembangan ADDIE yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya pada materi struktur tengkorak manusia. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait kondisi pembelajaran yang berlangsung, metode pembelajaran yang digunakan, serta media pembelajaran yang selama ini diterapkan oleh pendidik.

Analisis karakteristik peserta didik meliputi tingkat pemahaman awal, gaya belajar, serta minat belajar terhadap materi IPA. Hasil analisis menunjukkan bahwa peserta didik membutuhkan media pembelajaran yang mampu menyajikan materi secara visual dan interaktif agar konsep yang bersifat abstrak dapat lebih mudah dipahami. Selain itu, ditemukan bahwa penggunaan media pembelajaran konvensional, seperti buku teks dan gambar dua dimensi, masih belum optimal dalam membantu peserta didik memahami struktur tengkorak manusia secara menyeluruh.

Tahap analisis juga mencakup kajian terhadap kurikulum yang berlaku serta kompetensi dasar yang harus dicapai dalam pembelajaran IPA. Kajian ini dilakukan untuk memastikan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan selaras dengan tujuan pembelajaran dan standar kompetensi yang ditetapkan. Dengan demikian, hasil tahap analisis menjadi dasar dalam merancang media pembelajaran berbasis *WebAR* yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA dan karakteristik peserta didik.

2.1.2 Design

Pada tahap perancangan (*Design*), dilakukan penyusunan desain media pembelajaran secara menyeluruh berdasarkan hasil analisis kebutuhan pada tahap sebelumnya. Perancangan media pembelajaran meliputi desain *marker* sebagai pemicu munculnya objek *Augmented Reality*, perancangan model objek tiga dimensi tengkorak manusia, serta perancangan alur interaksi pengguna dalam Flipbook interaktif berbasis *WebAR*. *Marker* dirancang dengan pola visual yang jelas dan mudah dikenali oleh sistem agar proses pendeteksian dapat berjalan secara optimal.

Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perancangan model objek 3D tengkorak manusia yang disesuaikan dengan materi pembelajaran IPA. Model 3D dirancang sedemikian rupa agar mampu menampilkan bentuk dan bagian-bagian tengkorak secara proporsional dan informatif. Perancangan alur interaksi pengguna difokuskan pada kemudahan akses fitur *WebAR*, mulai dari membuka Flipbook, mengakses halaman AR, hingga memindai *marker* untuk menampilkan objek 3D.

Tahap perancangan juga mencakup penyusunan struktur antarmuka dan navigasi media pembelajaran. Antarmuka dirancang sederhana, intuitif, dan ramah pengguna agar peserta didik dapat menggunakan media pembelajaran secara mandiri. Navigasi yang jelas diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan pengguna serta mendukung efektivitas pembelajaran IPA berbasis teknologi *WebAR*.

2.1.3 Development

Tahap pengembangan (*Development*) merupakan tahap implementasi dari rancangan media pembelajaran yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan pembuatan model tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi yang disesuaikan dengan materi pembelajaran IPA. Model 3D dikembangkan dengan memperhatikan aspek visual, proporsi, dan kejelasan bentuk agar setiap bagian tengkorak dapat diamati dengan baik oleh peserta didik.

Selain pembuatan objek 3D, pada tahap ini juga dilakukan pengembangan aplikasi *Web-based Augmented Reality (WebAR)* berbasis *marker* menggunakan teknologi web. Pengembangan aplikasi dilakukan dengan memanfaatkan bahasa pemrograman dan pustaka pendukung AR berbasis web untuk mengatur proses pendeteksian *marker*, pemanggilan objek 3D, serta penyesuaian tampilan objek pada layar perangkat pengguna. Selanjutnya, media AR yang telah dikembangkan diintegrasikan ke dalam Flipbook interaktif sehingga dapat diakses secara langsung melalui peramban web.

Pada tahap pengembangan ini juga dilakukan pengujian fungsional untuk memastikan seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan yang dirancang. Pengujian difokuskan pada

kemampuan sistem dalam mendeteksi *marker*, menampilkan objek tengkorak manusia 3D secara stabil, serta memastikan interaksi pengguna dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa objek 3D dapat ditampilkan dengan baik ketika *marker* dipindai, sehingga media pembelajaran siap untuk digunakan pada tahap berikutnya.

2.1.4 Implementation

Tahap implementasi (*Implementation*) dilakukan dengan menerapkan media pembelajaran yang telah dikembangkan pada lingkungan pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Pada tahap ini, media pembelajaran berupa Flipbook interaktif berbasis *WebAR* digunakan secara langsung oleh peserta didik dalam proses pembelajaran. Peserta didik mengakses Flipbook melalui peramban web menggunakan perangkat yang tersedia, seperti *smartphone* atau komputer yang dilengkapi dengan kamera.

Dalam pelaksanaannya, peserta didik diarahkan untuk membuka halaman materi yang telah disediakan di dalam Flipbook interaktif. Selanjutnya, peserta didik memindai *marker* yang terdapat pada halaman tertentu untuk menampilkan visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi. Objek 3D yang muncul dapat diamati secara langsung, sehingga peserta didik dapat memahami bentuk dan struktur tengkorak manusia dengan lebih jelas dan realistis.

Tahap implementasi juga bertujuan untuk mengamati keterlaksanaan penggunaan media pembelajaran dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya. Pengamatan dilakukan terhadap kemudahan penggunaan media, respons peserta didik, serta keterlibatan mereka selama proses pembelajaran berlangsung. Hasil dari tahap implementasi ini digunakan sebagai bahan evaluasi awal untuk mengetahui efektivitas media pembelajaran dan mengidentifikasi kendala yang mungkin muncul selama penggunaan media berbasis *WebAR* dalam pembelajaran IPA[20].

2.1.5 Evaluation

Tahap evaluasi (*Evaluation*) bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan efektivitas media pembelajaran yang telah dikembangkan. Evaluasi dilakukan setelah media pembelajaran berbasis *WebAR* diterapkan pada proses pembelajaran IPA. Pada tahap ini, penilaian difokuskan pada sejauh mana media pembelajaran mampu mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi struktur tengkorak manusia serta kemudahan penggunaan media tersebut.

Proses evaluasi dilakukan melalui pengujian penggunaan media dan pengumpulan umpan balik dari pengguna, yang meliputi peserta didik dan pendidik. Instrumen evaluasi yang digunakan berupa angket penilaian yang mencakup beberapa aspek, seperti tampilan media, kejelasan materi,

kemudahan navigasi, interaktivitas, dan manfaat media dalam pembelajaran. Selain itu, dilakukan pula pengamatan langsung selama proses penggunaan media untuk mengetahui respons dan keterlibatan peserta didik.

Hasil evaluasi digunakan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan media pembelajaran yang dikembangkan[21][22][23]. Masukan dan saran dari pengguna menjadi dasar dalam melakukan perbaikan dan penyempurnaan media pembelajaran agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA. Dengan adanya tahap evaluasi ini, diharapkan media pembelajaran berbasis *WebAR* yang dikembangkan memiliki kualitas yang baik, layak digunakan, serta efektif sebagai media pendukung pembelajaran.

2.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini meliputi peserta didik dan pendidik yang terlibat secara langsung dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada materi struktur rangka manusia. Pemilihan subjek penelitian ini bertujuan untuk memperoleh penilaian yang komprehensif terhadap media pembelajaran yang dikembangkan, baik dari sisi pengguna utama maupun dari perspektif pendidik sebagai fasilitator pembelajaran.

Peserta didik dipilih sebagai subjek penelitian karena mereka merupakan pengguna utama media pembelajaran berbasis *WebAR*. Penilaian dari peserta didik difokuskan pada aspek kemudahan penggunaan media, kejelasan penyajian materi, tingkat interaktivitas, serta daya tarik visual dari media pembelajaran. Sementara itu, pendidik dilibatkan untuk memberikan penilaian terkait kesesuaian media dengan tujuan pembelajaran, keterpaduan materi dengan kurikulum, serta potensi media dalam mendukung proses pembelajaran IPA di kelas.

Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive*, dengan mempertimbangkan keterlibatan langsung subjek dalam pembelajaran IPA dan kemampuan menggunakan perangkat digital. Data yang diperoleh dari subjek penelitian digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menilai kelayakan dan efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan. Dengan melibatkan peserta didik dan pendidik, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan media pembelajaran yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA di sekolah.[24].

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dirancang untuk memperoleh data yang komprehensif terkait proses pengembangan, implementasi, serta evaluasi media pembelajaran berbasis *WebAR*. Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi, angket, dan dokumentasi. Penggunaan beberapa teknik pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan saling melengkapi, sehingga hasil penelitian dapat

menggambarkan kondisi penggunaan media pembelajaran secara objektif.

Observasi dilakukan untuk melihat secara langsung proses penggunaan media pembelajaran berbasis *WebAR* dalam kegiatan pembelajaran IPA. Melalui observasi, peneliti mengamati bagaimana peserta didik berinteraksi dengan Flipbook interaktif, cara mereka memindai *marker*, serta respons yang ditunjukkan selama penggunaan media pembelajaran. Aspek yang diamati meliputi kemudahan penggunaan media, keterlibatan peserta didik, serta kendala teknis yang mungkin muncul selama proses pembelajaran berlangsung. Hasil observasi digunakan untuk mengetahui tingkat keterlaksanaan media pembelajaran dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya.

Selain observasi, teknik pengumpulan data dalam penelitian ini juga dilakukan melalui angket. Angket digunakan untuk memperoleh penilaian dari pengguna terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Responden dalam penelitian ini berjumlah 20 orang, yang terdiri dari mahasiswa dan dosen yang memberikan penilaian terhadap media pembelajaran yang telah dikembangkan.

Angket disusun menggunakan skala *Likert* dengan empat pilihan jawaban, yaitu sangat tidak setuju, tidak setuju, setuju, dan sangat setuju, dengan rentang skor 1 sampai 4. Instrumen angket digunakan untuk mengukur beberapa aspek penilaian, meliputi tampilan media, kejelasan materi, interaktivitas, kemudahan navigasi, serta manfaat media dalam mendukung pembelajaran IPA.

Data yang diperoleh dari angket kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan teknik analisis persentase untuk mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran. Persentase kelayakan dihitung dengan membandingkan jumlah skor yang diperoleh dengan skor maksimum yang mungkin dicapai, sehingga dapat diketahui kategori kelayakan media yang dikembangkan.

Teknik dokumentasi digunakan untuk merekam seluruh proses pengembangan dan implementasi media pembelajaran. Dokumentasi meliputi hasil perancangan media, tampilan Flipbook interaktif, *marker* yang digunakan, visualisasi objek 3D tengkorak manusia, serta aktivitas penggunaan media selama pembelajaran berlangsung. Dokumentasi juga mencakup catatan hasil pengujian fungsional dan umpan balik pengguna. Data dokumentasi berfungsi sebagai bukti pendukung penelitian serta memperkuat hasil analisis yang diperoleh dari observasi dan angket.

Dengan mengombinasikan teknik observasi, angket, dan dokumentasi, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan data yang valid dan reliabel. Data yang terkumpul digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kualitas, kelayakan, dan efektivitas media pembelajaran berbasis *WebAR* yang dikembangkan. Pendekatan pengumpulan data ini diharapkan dapat memberikan

gambaran yang menyeluruh mengenai penerapan media pembelajaran dalam pembelajaran IPA serta kontribusinya terhadap peningkatan pemahaman peserta didik.

2.4 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner kepada responden berupa data kuantitatif dalam bentuk skor penilaian terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian tersebut meliputi beberapa aspek, seperti aspek tampilan media, kemudahan penggunaan, kejelasan materi, serta kebermanfaatan media dalam mendukung proses pembelajaran IPA.

Setiap pernyataan dalam kuesioner menggunakan skala penilaian tertentu sehingga menghasilkan skor dari masing-masing responden. Skor yang diperoleh kemudian diolah menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan menghitung total skor dari seluruh responden pada setiap butir pernyataan.

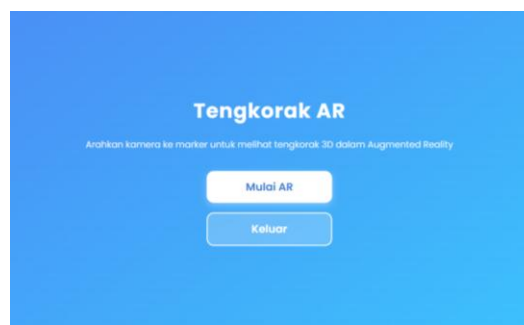
Tabel 1. Persentase

Persentase	Kategori
81–100%	Sangat Layak
61–80%	Layak
41–60%	Cukup
21–40%	Tidak Layak

Selanjutnya, total skor tersebut dibandingkan dengan skor maksimal yang mungkin diperoleh, kemudian dihitung dalam bentuk persentase untuk mengetahui tingkat penilaian responden terhadap media pembelajaran seperti yang terlihat di Tabel 1. Hasil persentase yang diperoleh digunakan untuk menentukan kategori kelayakan media berdasarkan kriteria penilaian yang telah ditetapkan. Melalui analisis ini dapat diketahui tingkat penerimaan dan penilaian responden terhadap media pembelajaran IPA yang dikembangkan[25].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Media Pembelajaran



Gambar 1. Tampilan Halaman Utama *WebAR*

Penelitian ini menghasilkan sebuah media pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berbasis *Web Augmented Reality* (*WebAR*) dengan metode *marker-based* yang

terintegrasi dalam Flipbook interaktif. Media pembelajaran ini dirancang khusus untuk membantu peserta didik dalam memahami materi struktur tengkorak manusia melalui visualisasi objek tiga dimensi yang realistis dan interaktif. Penggunaan teknologi *WebAR* memungkinkan media ini diakses secara langsung melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan, sehingga lebih praktis dan mudah digunakan pada berbagai perangkat, seperti *smartphone*, tablet, maupun laptop.

Flipbook interaktif berperan sebagai media utama dalam penyajian materi pembelajaran. Flipbook ini dirancang menyerupai buku digital yang dapat dibuka secara interaktif, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dibandingkan dengan buku teks konvensional. Di dalam Flipbook interaktif terdapat materi pembelajaran yang disusun secara sistematis, meliputi teks penjelasan mengenai struktur tengkorak manusia, gambar pendukung, serta ilustrasi yang relevan dengan kompetensi pembelajaran IPA. Selain itu, Flipbook juga dilengkapi dengan halaman khusus yang berfungsi sebagai akses menuju fitur *augmented reality*.

Pada Gambar 1, peserta didik dapat memindai *marker* menggunakan kamera perangkat yang tersedia. Ketika *marker* berhasil dipindai, sistem *WebAR* secara otomatis menampilkan model tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi yang muncul secara *real-time* di layar perangkat. Model 3D ini dirancang dengan tingkat detail yang cukup baik untuk menunjukkan bagian-bagian utama tengkorak manusia, sehingga peserta didik dapat mengamati struktur tengkorak dari berbagai sudut pandang. Interaksi ini memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan visual, yang sulit diperoleh melalui media pembelajaran dua dimensi.

Keunggulan media pembelajaran ini terletak pada kemampuannya menggabungkan teknologi *augmented reality* dengan Flipbook interaktif, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih inovatif dan kontekstual. Peserta didik tidak hanya membaca materi, tetapi juga dapat berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran melalui visualisasi 3D. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan minat belajar, pemahaman konsep, serta daya ingat peserta didik terhadap materi struktur rangka manusia, khususnya tengkorak.

Selain itu, penggunaan *WebAR* berbasis *marker* dinilai sesuai dengan kebutuhan pembelajaran masa kini yang menuntut pemanfaatan teknologi digital secara efektif. Media pembelajaran ini juga mendukung pembelajaran mandiri, karena peserta didik dapat mengakses materi kapan saja dan di mana saja selama terhubung dengan jaringan internet. Dengan demikian, media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan relevan untuk digunakan dalam proses pembelajaran IPA di sekolah

3.2 Visualisasi Objek Tengkorak Manusia 3D

Pada Gambar 2, model tengkorak manusia yang digunakan dalam aplikasi pembelajaran ini ditampilkan dalam bentuk objek tiga dimensi (3D) yang dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan realistis bagi peserta didik. Model 3D tersebut dapat diamati dari berbagai sudut pandang, seperti tampak depan, samping, atas, dan sudut lainnya, sehingga pengguna dapat memahami bentuk dan struktur tengkorak manusia secara menyeluruh. Kemampuan untuk memutar dan mengamati objek dari berbagai arah memungkinkan peserta didik memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai susunan tulang tengkorak dan keterkaitan antar bagian tulang.

Visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk tiga dimensi memberikan keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan media pembelajaran dua dimensi yang umumnya hanya menampilkan gambar statis. Pada media dua dimensi, peserta didik sering mengalami kesulitan dalam membayangkan bentuk ruang dan kedalaman objek, terutama pada materi yang memiliki struktur kompleks seperti tengkorak manusia. Dengan adanya model 3D, peserta didik dapat melihat bentuk tengkorak secara lebih nyata dan proporsional, sehingga membantu proses pemahaman konsep anatomi secara lebih mendalam.

Selain itu, penggunaan objek 3D memungkinkan peserta didik untuk mengamati detail bagian-bagian tengkorak, seperti tulang frontal, parietal, temporal, dan oksipital, secara lebih jelas. Melalui visualisasi ini, peserta didik dapat memahami posisi, ukuran relatif, serta hubungan antar bagian tulang yang membentuk tengkorak manusia. Hal ini sangat penting dalam pembelajaran IPA, karena pemahaman terhadap struktur anatomi tidak hanya membutuhkan hafalan, tetapi juga pemahaman spasial yang baik.

Interaksi langsung dengan objek 3D juga memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif. Peserta didik tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi juga sebagai pengguna yang mengeksplorasi materi pembelajaran secara mandiri. Dengan memutar, memperbesar, dan mengamati model tengkorak dari berbagai sudut, peserta didik dapat menyesuaikan proses belajar sesuai dengan kebutuhan dan tingkat pemahamannya masing-masing. Pendekatan ini sejalan dengan konsep pembelajaran berbasis teknologi yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar.

Lebih lanjut, visualisasi tiga dimensi ini sangat membantu dalam menjelaskan hubungan antar bagian tulang tengkorak yang sulit dipahami apabila hanya disajikan melalui gambar dua dimensi. Struktur tengkorak yang saling berhubungan dan memiliki bentuk yang kompleks dapat divisualisasikan secara lebih jelas, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya miskonsepsi. Dengan demikian, penggunaan model tengkorak manusia 3D dalam media pembelajaran

berbasis *WebAR* ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas pembelajaran IPA, khususnya pada materi struktur rangka manusia, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, efektif, dan bermakna bagi peserta didik.



Gambar 2. Visualisasi Objek Tengkorak Manusia 3D pada Fitur *WebAR*

3.3 Implementasi *Marker-Based WebAR*

Implementasi teknologi *Web-based Augmented Reality (WebAR)* dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *marker-based* sebagai pemicu utama untuk menampilkan objek tiga dimensi. *Marker* berfungsi sebagai penanda visual yang dirancang secara khusus agar mudah dikenali oleh sistem *WebAR*. Pola visual pada *marker* disusun dengan kontras yang jelas dan bentuk yang khas, sehingga kamera perangkat dapat mendeteksi *marker* secara akurat dan cepat. Pemilihan *marker* yang tepat menjadi faktor penting dalam memastikan stabilitas dan kejelasan visualisasi objek 3D yang ditampilkan.

Pada Gambar 3, ketika kamera pada perangkat pengguna diarahkan ke *marker* yang terdapat pada halaman Flipbook interaktif, sistem *WebAR* secara otomatis melakukan proses pemindaian dan pengenalan *marker*. Setelah *marker* berhasil terdeteksi, sistem akan memunculkan objek tengkorak manusia dalam bentuk model 3D tepat di atas *marker* tersebut secara *real-time*. Proses ini berlangsung tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan, karena seluruh mekanisme dijalankan melalui peramban web yang mendukung teknologi *WebAR*. Hal ini memberikan kemudahan akses bagi pengguna, baik peserta didik maupun pendidik, dalam memanfaatkan media pembelajaran yang dikembangkan.

Objek tengkorak manusia 3D yang ditampilkan bersifat interaktif dan responsif terhadap pergerakan *marker*. Ketika *marker* digerakkan atau diposisikan dari sudut tertentu, objek 3D akan menyesuaikan tampilannya secara otomatis sesuai dengan posisi dan orientasi *marker*. Fitur ini memberikan pengalaman visual yang lebih dinamis dan realistis, sehingga peserta didik dapat mengamati struktur tengkorak manusia dari berbagai sudut pandang secara langsung. Interaksi semacam ini diharapkan mampu meningkatkan ketertarikan dan fokus peserta didik selama proses pembelajaran.

Selain itu, penggunaan *marker* dalam implementasi *WebAR* juga berkontribusi terhadap kestabilan tampilan objek 3D. *Marker-based WebAR* relatif lebih stabil dibandingkan dengan metode *markerless*, terutama pada perangkat dengan spesifikasi menengah. Dengan demikian, objek tengkorak manusia 3D dapat ditampilkan dengan posisi yang konsisten dan minim gangguan visual. Hal ini sangat penting dalam konteks pembelajaran, karena kestabilan visualisasi berpengaruh terhadap kenyamanan dan efektivitas proses belajar.

Secara keseluruhan, implementasi *WebAR* berbasis *marker* dalam penelitian ini menunjukkan potensi yang besar sebagai media pembelajaran interaktif. Dengan memanfaatkan *marker* sebagai pemicu munculnya objek 3D, peserta didik dapat mempelajari struktur tengkorak manusia secara lebih konkret dan kontekstual. Integrasi teknologi *WebAR* dengan Flipbook interaktif tidak hanya memperkaya tampilan visual materi pembelajaran, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang lebih inovatif, mudah diakses, dan sesuai dengan perkembangan teknologi digital di bidang pendidikan[3].

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *marker* dapat dikenali dengan baik pada kondisi pencahayaan normal. Objek 3D ditampilkan secara stabil dan responsif terhadap pergerakan *marker*. Hal ini menunjukkan bahwa metode *marker-based* yang digunakan cukup efektif untuk diterapkan dalam pembelajaran IPA berbasis *WebAR*.



Gambar 3. *Marker* yang digunakan sebagai Pemicu Objek 3D

3.5 Implementasi Kode Program

Pengembangan aplikasi *Web-based Augmented Reality (WebAR)* dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan teknologi web yang didukung oleh pemrograman berbasis JavaScript. Pemilihan JavaScript didasarkan pada fleksibilitas dan kompatibilitasnya dengan berbagai peramban web modern, sehingga aplikasi *WebAR* yang dikembangkan dapat diakses secara luas tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan. Teknologi ini memungkinkan integrasi fitur *Augmented Reality* secara langsung ke dalam lingkungan web, yang selaras dengan

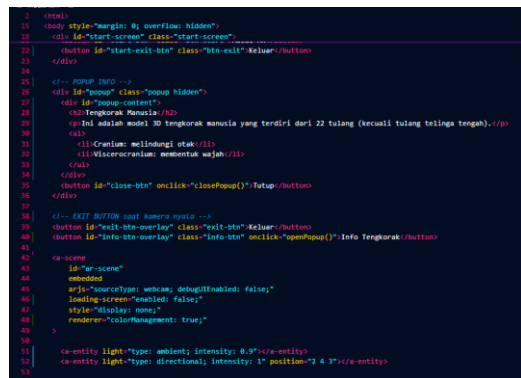
tujuan penelitian untuk menghasilkan media pembelajaran yang mudah diakses dan ramah pengguna.

Kode program yang dikembangkan berfungsi untuk mengatur beberapa komponen utama dalam sistem *WebAR*, antara lain proses pendeteksian *marker*, pemanggilan dan penampilan objek tiga dimensi, serta pengaturan tampilan visual AR pada layar perangkat. Proses pendeteksian *marker* dilakukan dengan memanfaatkan pustaka *WebAR* yang mendukung pengenalan pola visual melalui kamera perangkat. Setelah *marker* terdeteksi, sistem secara otomatis memanggil model tengkorak manusia dalam bentuk objek 3D dan menampilkannya secara *real-time* di atas *marker* tersebut. Mekanisme ini memungkinkan terjadinya integrasi antara objek virtual dan lingkungan nyata secara sinkron.

Pada Gambar 4, struktur kode dalam aplikasi ini dirancang secara sederhana dan terorganisasi dengan baik. Pendekatan ini bertujuan agar kode program mudah dipahami, dikembangkan, dan dimodifikasi di masa mendatang, baik oleh pengembang lain maupun oleh pendidik yang ingin mengadaptasi media pembelajaran sesuai dengan kebutuhan materi. Setiap bagian kode disusun secara modular, sehingga memudahkan proses pemeliharaan dan pengembangan fitur tambahan, seperti penambahan informasi teks, animasi, atau interaksi lanjutan pada objek 3D.

Penambahan potongan kode dalam penelitian ini memiliki peran penting sebagai bentuk dokumentasi teknis dari sistem *WebAR* yang dikembangkan. Cuplikan kode disertakan untuk menunjukkan bagaimana konsep *Augmented Reality* berbasis web diimplementasikan secara nyata, mulai dari inisialisasi kamera, pemindaian *marker*, hingga pemanggilan objek 3D. Penyajian potongan kode ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas kepada pembaca mengenai alur kerja sistem, serta menjadi referensi bagi peneliti atau pengembang lain yang ingin mengembangkan media pembelajaran serupa.

Dalam naskah penelitian, potongan kode dan tangkapan layar (*screenshot*) implementasi *WebAR* ditempatkan pada bagian hasil dan pembahasan sebagai pendukung penjelasan teknis. Keberadaan *screenshot* kode bertujuan untuk memperkuat uraian deskriptif serta memberikan bukti visual terhadap proses pengembangan aplikasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menekankan aspek pedagogis dari penggunaan *WebAR*, tetapi juga memberikan kontribusi dari sisi teknis pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi web.



```

1 <html>
2 <body style="margin: 0; overflow: hidden">
3   <div id="start-screen" class="start-screen">
4     <button id="start-exit-btn" class="btn-exit" Keluar /button>
5   </div>
6
7   <!-- POPUP INFO -->
8   <div id="popup" class="popup hidden">
9     <div id="popup-content">
10      <h2>Tengkorak Manusia 3D</h2>
11      <p>Ini adalah model 3D tengkorak manusia yang terdiri dari 22 tulang (kecuali tulang telinga tengah).</p>
12      <ul>
13        <li>Orekan: melindungi otak</li>
14        <li>Viscerocranium: membentuk wajah</li>
15      </ul>
16    </div>
17
18    <!-- EXIT BUTTON saat kamera nyala -->
19    <button id="exit-btn-overlay" class="btn-exit" Keluar /button>
20    <button id="info-btn-overlay" class="info-btn" onclick="popupInfo()" Info Tengkorak /button>
21
22    <!-- AR SCENE -->
23    <div id="ar-scene">
24      <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">
25        <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: 0.8em; font-weight: bold;">
26          <span>markerType: webcam, debugEnabled: false</span>
27          <span>loadingScreen: enabled: false</span>
28        </div>
29        <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">
30          <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">
31            <div style="text-align: center;">
32              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
33              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
34            <div style="text-align: center;">
35              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
36              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
37            <div style="text-align: center;">
38              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
39              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
40            <div style="text-align: center;">
41              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
42              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
43            <div style="text-align: center;">
44              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
45              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
46            <div style="text-align: center;">
47              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
48              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
49            <div style="text-align: center;">
50              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
51              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
52            <div style="text-align: center;">
53              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
54              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
55            <div style="text-align: center;">
56              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
57              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
58            <div style="text-align: center;">
59              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
60              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
61            <div style="text-align: center;">
62              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
63              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
64            <div style="text-align: center;">
65              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
66              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
67            <div style="text-align: center;">
68              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
69              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
70            <div style="text-align: center;">
71              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
72              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
73            <div style="text-align: center;">
74              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
75              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
76            <div style="text-align: center;">
77              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
78              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
79            <div style="text-align: center;">
80              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
81              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
82            <div style="text-align: center;">
83              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
84              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
85            <div style="text-align: center;">
86              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
87              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
88            <div style="text-align: center;">
89              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
90              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
91            <div style="text-align: center;">
92              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
93              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
94            <div style="text-align: center;">
95              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
96              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
97            <div style="text-align: center;">
98              <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; margin: 0 auto 10px auto;"></div>
99              <div style="text-align: center; font-size: 0.7em; font-weight: bold; margin: 0 auto 5px auto;">Light</div>
100           </div>
101         </div>
102       </div>
103     </div>
104   </body>
105 </html>

```

Gambar 4. Cuplikan Kode Program Implementasi *WebAR* berbasis *Marker*

3.6 Hasil Penilaian Kelayakan Media

Penilaian kelayakan media dilakukan melalui angket yang mencakup aspek tampilan, kemudahan penggunaan, kejelasan materi, dan manfaat media dalam pembelajaran IPA. Berdasarkan hasil pengolahan data angket yang melibatkan 20 responden diperoleh skor total sebesar 729 dari skor maksimum 960, sehingga diperoleh persentase kelayakan sebesar 75,94%. Berdasarkan kriteria penilaian, persentase tersebut termasuk dalam kategori layak, sehingga media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* dapat digunakan sebagai media pendukung pembelajaran. Pengguna juga menyatakan bahwa penggunaan *WebAR* memberikan pengalaman belajar yang berbeda dan lebih menarik dibandingkan media pembelajaran konvensional.

3.7 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* dapat menjadi solusi inovatif dalam menyajikan materi yang bersifat visual dan kompleks. Visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk 3D memungkinkan peserta didik memahami struktur tulang secara lebih konkret.

Integrasi *WebAR* ke dalam Flipbook interaktif juga memberikan fleksibilitas dalam pembelajaran, karena media dapat diakses dengan mudah melalui peramban web. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pemanfaatan teknologi AR dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep peserta didik.

Dengan demikian, media pembelajaran yang dikembangkan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai media pendukung pembelajaran IPA di sekolah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* berhasil dikembangkan dan diimplementasikan dengan baik. Media ini mampu menampilkan visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi yang interaktif dan dapat diakses melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan.

Integrasi *WebAR* memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam memahami materi struktur tengkorak manusia yang bersifat kompleks. Visualisasi objek tiga dimensi yang dihasilkan mampu meningkatkan ketertarikan serta membantu pemahaman pengguna terhadap materi pembelajaran IPA dibandingkan dengan penggunaan media dua dimensi konvensional.

Berdasarkan hasil penyebaran angket kepada 20 responden, diperoleh persentase kelayakan sebesar 75,94%, yang termasuk dalam kategori layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh respons positif dari pengguna. Dengan demikian, media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* pada Flipbook interaktif memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif media pembelajaran inovatif yang mendukung pembelajaran IPA berbasis teknologi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* memiliki tingkat kelayakan sebesar 75,94% dan termasuk dalam kategori layak digunakan dalam proses pembelajaran. Secara praktis, penggunaan teknologi *WebAR* dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang mampu meningkatkan ketertarikan peserta didik terhadap materi IPA, khususnya pada materi struktur tengkorak manusia. Visualisasi objek tiga dimensi yang dapat ditampilkan melalui pemindaian *marker* memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibandingkan media pembelajaran konvensional.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian selanjutnya dapat melibatkan jumlah responden yang lebih besar serta melibatkan peserta didik secara langsung dalam proses uji coba untuk memperoleh hasil evaluasi yang lebih komprehensif. Kedua, pengembangan media pembelajaran berbasis *WebAR* dapat diperluas pada materi IPA lainnya agar pemanfaatan teknologi ini dapat memberikan dampak yang lebih luas dalam proses pembelajaran. Ketiga, penelitian selanjutnya dapat mengkaji efektivitas penggunaan media pembelajaran berbasis *WebAR* terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik melalui metode eksperimen atau *quasi-experimental*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang konstruktif sejak tahap perencanaan hingga penyusunan artikel ini. Seluruh dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak sangat membantu dalam kelancaran serta penyempurnaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hidayat and A. Mujahiduddien, "Pembelajaran Bentuk Sendi Tulang Manusia Seri Pendidikan," *J. Siliwangi*, vol. 3, no. 1, pp. 204–208, 2017.
- [2] A. Paliling and A. Syam, "Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Kerangka Manusia Berbasis Android," *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 9, no. 1, pp. 65–76, 2020, doi: 10.36774/jusiti.v9i1.644.
- [3] R. P. Anggara, P. Musa, S. Lestari, and S. Widodo, "Application of Electronic Learning by Utilizing Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) Methods in Natural Sciences Subjects (IPA) in Elementary School Students Grade 3," *JTP - J. Teknol. Pendidik.*, vol. 23, no. 1, pp. 58–69, 2021, doi: 10.21009/jtp.v23i1.20203.
- [4] S. W. Nurdin and I. F. Nugraha, "Ancaman Deepfake Dan Disinformasi Berbasis Ai: Implikasi Terhadap Keamanan Siber Dan Stabilitas Nasional Indonesia," *JIMR J. Int. Multidiscip. Res.*, vol. 4, no. 1, p. 73, 2025.
- [5] A. Jakaria, S. Mu'minah, D. Riana, and S. Hadianti, "Klasifikasi Varietas Buah Kiwi dengan Metode Convolutional Neural Networks Menggunakan Keras," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 5, no. 4, p. 1309, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i4.3166.
- [6] S. Wisnugroho, A. D. Prasetyo, and R. Kurniawan, "Aplikasi Android Pengenalan Rangka Manusia Berbasis Augmented Reality," *Semin. Inform. Medis 2015*, pp. 77–86, 2015.
- [7] N. I. Nabila, S. Sumantri, and L. Zakiah, "Pengembangan Multimedia Interaktif AR "TereDaman" Berbasis Problem Based Learning Dalam Pembelajaran IPA Sekolah Dasar," *J. teknodik*, vol. 28, pp. 41–52, 2024.
- [8] M. Syahid, D. Ardianto, and M. Z. Arifin, "Efektifitas Pembelajaran IPA Berbasis Augmented Reality Di Sekolah Dasar," pp. 163–178, 2024.
- [9] N. I. Armia and A. E. Andriani, "Development of the Augmented Reality Book to Improve Learning Outcomes of Photosynthesis Material in IPAS

- Learning,” vol. 20, no. 4, pp. 700–709, 2025.
- [10] A. D. Setiawan and M. Syahputra Novelan, “Sistem E-Commerce Berbasis Website Dengan Integrasi Augmented Reality (Ar) Pada Butik Gpm Collection,” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 1, pp. 757–764, 2025, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [11] M. Pujilestari, B. E. H, and G. E. K, “Peningkatan Hasil Belajar IPAS Materi Fotosintesis Menggunakan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) pada Siswa Kelas 4 Sekolah Dasar,” *J. Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, vol. 1, no. 5, pp. 7024-7028, 2024.
- [12] E. Lestari, W. Ridwan, and M. H. L, “Sosialisasi Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Web dan Android dengan Teknologi Augmented Reality Mata Kuliah Ilmu Pelayaran Datar bagi Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar Pendahuluan,” *J. ABDIMAS Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 1002–1008, 2025.
- [13] B. S. Budi and R. Dijaya, “Penerapan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Promosi,” *Indones. J. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–14, 2024.
- [14] S. Mulyana, et al., “Identifikasi Penyakit Tanaman Berdasarkan Citra Daun Berbasis Web dengan Pendekatan Algoritma Convolutional Neural Network,” *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 305–317, 2025, doi: 10.36080/skanika.v8i2.3573.
- [15] I. Sanjaya, Y. S. Wahyuni, and L. S. Parwati, “Implementation of Convolutional Neural Network for Soil Type Category Detection in a Web-Based Plant Recommendation System,” *J. Media Comput. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 247–266, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmcs/article/view/8637/6148>
- [16] S. Utomo, S. Budiarto, S. Ibnu, and W. Ilhamdi, “Bulletin of Information Technology (BIT) Implementasi Augmented Reality Pada Pembelajaran IPA Siswa SMP,” *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 419–424, 2023.
- [17] Y. P. Bara, D. Gasong, and I. K. Linggih, “Pengaruh Media Pembelajaran Augmented Reality terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas VIII pada Mata Pelajaran IPA di SMP Kristen Sangalla’,” *J. Stud. Guru dan ...*, vol. 8, pp. 1431–1441, 2025, [Online]. Available: <https://www.e-journal.my.id/jsgp/article/view/6750>
- [18] D. O. Alvira, Rachmansyah, and R. M. Fajri, “Klasifikasi Lapisan Lilin Pada Buah Apel Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Convolutional Neural Network,” *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 1, no. 2, pp. 92–97, 2023, doi: 10.36982/jinig.v1i2.3644.
- [19] T. Tawil, Ma’ruf, dan Rahmawati, “Pengembangan Media Pembelajaran Digital Berorientasi Augmented Reality pada Mata Pelajaran IPA Kelas 6 Sekolah Dasar,” *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, vol. 13, no. 4, pp. 4787–4802, Nov. 2024.
- [20] K. C. Brata, A. H. Brata, and Y. A. Pramana, “Pengembangan Aplikasi Mobile Augmented Reality Untuk,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 347–352, 2018.
- [21] R. Khalida dan S. Setiawati, “Website Technology Trends for Augmented Reality Development,” *Journal of Information Technology and Emerging Technologies*, vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2020, doi: 10.26555/jiteki.v16i1.16632.
- [22] Y. Ghifari, M. Rahman, dan S. Hidayat, “Penggunaan Augmented Reality untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran,” *Jurnal Teknologi dan Pendidikan Digital*, vol. 13, no. 1, pp. 28–36, 2025.
- [23] S. A. Nadyarta, F. Fakhriyah, and I. Purbasari, “SOCA : Inovasi Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Motivasi Belajar IPAS Siswa Sekolah Dasar SOCA : Inovasi Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Motivasi Belajar IPAS Siswa Sekolah Dasar,” vol. 5, no. 2, 2025.
- [24] N. F. Saidin, N. D. A. Halim, and N. Yahaya, “A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications,” *Int. Educ. Stud.*, vol. 8, no. 13, pp. 1–8, 2015, doi: 10.5539/ies.v8n13p1.
- [25] L. U. Ali and L. I. Burhan, “Pengaruh Penggunaan Media Interaktif Berbasis Augmented Reality terhadap Hasil Belajar IPA Siswa SMP,” *CENDEKIA J. Pendidik. Terintegrasi*, vol. 1, no. 1, pp. 60–75, 2025, doi: 10.63982/g26qzt07.



PENGEMBANGAN SISTEM TERINTEGRASI KLINIK DAN APLIKASI MANAJEMEN OBAT MENGGUNAKAN *APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE* (API)

Elvi Ningsih Telaumbanua¹, Fasrian Mauren Niella Hura², Juang Anjes Putra Telaumbanua³, Carolina Sayangi Cahaya Waruwu⁴, Syukur Famta Febriman Hura⁵

^{1,2,3,4,5}Teknologi Informasi, Universitas Nias

Gunungsitoli, Sumatera Utara, Indonesia 22812

elviningsih124@gmail.com, fasrianmaurenniellhura@gmail.com, juanganjesputratelaumbanua@gmail.com, carolinasayangicahayawaruwu@gmail.com, famtahura@gmail.com

Abstract

The purpose of this study is to create a clinical information system that can be integrated with an Application Programming Interface (API) for drug management. Unintegrated management of patient and drug data is a major problem facing clinics. This can lead to duplicate data and recording errors. Needs analysis, system design, implementation, and testing are the stages of development for a software engineering approach. Observations, interviews, and literature studies were used to collect data. APIs and NIKs connect applications to the system. The results of the study show that the developed system can automatically and consistently integrate patient data and drug prescriptions into clinical applications and drug management. The results of the system test using the Black-Box Testing method show that all the system's main functions run as expected under the predetermined scenario, with a 100% test success rate. Based on these findings, this integrated system is recommended for small- to medium-scale clinics to improve service efficiency and data management accuracy. Overall, the study shows that APIs help integrate clinical information systems and medication management.

Keywords: API, Clinical Information Systems, Drug Management, System Integration, Web Applications

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem informasi klinik yang dapat diintegrasikan dengan *Application Programming Interface* (API) untuk manajemen obat. Pengelolaan data pasien dan obat yang belum terintegrasi adalah masalah utama yang dihadapi klinik. Ini dapat menyebabkan duplikat data dan kesalahan pencatatan. Analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian adalah tahapan penelitian pengembangan dengan pendekatan rekayasa perangkat lunak yang digunakan. Observasi, wawancara, dan *studi* pustaka digunakan untuk mengumpulkan data. API dan NIK berfungsi untuk menghubungkan aplikasi ke sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat secara otomatis dan konsisten mengintegrasikan data pasien dan resep obat ke dalam aplikasi klinik dan manajemen obat. Hasil pengujian sistem dengan *metode Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan skenario yang telah ditentukan, dengan tingkat keberhasilan pengujian 100%. Berdasarkan temuan ini, sistem terintegrasi ini disarankan untuk diterapkan pada klinik skala kecil hingga menengah karena akan meningkatkan efisiensi pelayanan dan akurasi pengelolaan data. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa API membantu mengintegrasikan sistem informasi klinik dan manajemen obat.

Kata kunci: API, Aplikasi Web, Integrasi Sistem, Manajemen Obat, Sistem Informasi Klinik

1. PENDAHULUAN

Berbagai sektor kehidupan telah sangat dipengaruhi oleh kemajuan teknologi informasi. Salah satunya adalah sektor pelayanan kesehatan, yang semakin bergantung pada sistem informasi untuk mendukung operasi klinik dan pengambilan keputusan medis. Sistem informasi kesehatan dapat mengolah data pasien dan memberikan informasi

penting dengan cepat, akurat, dan efisien[1][2] [3]. Pada akhirnya, ini akan menghasilkan peningkatan kualitas layanan kesehatan bagi masyarakat. Banyak klinik masih menghadapi masalah dengan pengelolaan data pasien, proses administrasi yang lama, dan pencatatan obat, yang sering dilakukan secara manual, sehingga rentan terhadap kesalahan data[4][5]. Hal ini menyebabkan beban kerja

yang tinggi bagi tenaga administrasi dan mengurangi fokus tenaga kesehatan pada memberikan pelayanan langsung kepada pasien. Berbagai fasilitas kesehatan seperti Klinik Pratama telah mengembangkan sistem informasi klinik. Sistem berbasis web dapat meningkatkan produktivitas karyawan dengan membantu proses pendaftaran pasien, pencarian data, pengelolaan rekam medis, dan pembuatan laporan klinik digital[6]. Selain itu, penerapan sistem terintegrasi dalam pengelolaan data kesehatan sangat penting untuk memastikan bahwa data kesehatan pasien dapat diakses secara konsisten dan aman oleh semua pihak terkait[7]. Penggunaan sistem terintegrasi ini dapat mengurangi kesalahan manual, meningkatkan keamanan data, dan membantu pasien mendapatkan layanan kesehatan yang lebih cepat dan berkualitas. *Studi* menunjukkan bahwa sistem informasi klinik berbasis *web* dapat meningkatkan efisiensi pelayanan kesehatan dan mengurangi kesalahan pencatatan data pasien dibandingkan dengan proses manual yang masih digunakan di klinik dan puskesmas di Indonesia. Ini berarti bahwa proses administrasi dan rekam medis pasien dapat dipercepat.

Namun demikian, banyak klinik di Indonesia masih menghadapi masalah integrasi sistem karena kurangnya teknologi yang saling terhubung secara otomatis, seperti API (*Application Programming Interface*), yang merupakan metode yang memungkinkan dua sistem perangkat lunak untuk bertukar data secara *real-time*[8]. Dengan integrasi ini, data dari satu aplikasi klinik dapat digunakan oleh aplikasi lain, seperti aplikasi manajemen obat, tanpa duplikat data dari satu aplikasi ke aplikasi lain. Manajemen obat adalah bagian penting dari praktik klinik yang harus dilakukan dengan benar dan tepat waktu untuk memastikan bahwa obat tersedia sesuai dengan kebutuhan pasien dan tercatat dengan benar dalam sistem[9]. Kegagalan atau keterlambatan dalam proses manajemen obat dapat berdampak langsung pada keselamatan pasien dan layanan klinik secara keseluruhan. Akibatnya, dalam kebutuhan layanan kesehatan saat ini, penggunaan API untuk membangun sistem klinik terintegrasi dan aplikasi manajemen obat sangat penting. API memungkinkan dua sistem yang berbeda, seperti sistem informasi klinik dan sistem manajemen obat, untuk saling bertukar data secara otomatis dan aman[10][11]. Selain itu, API memudahkan pengembangan layanan tambahan, seperti rekam medis terpadu, pengambilan resep, dan pelaporan stok obat[8]. Karena klinik adalah fasilitas pelayanan kesehatan yang paling sering menjadi rujukan pasien dan membutuhkan sistem digital yang terintegrasi untuk memenuhi kebutuhan administratif dan klinis, pilihan objek penelitian adalah klinik dan aplikasi manajemen obat[12][13]. Selain itu, *studi* tentang integrasi manajemen obat dengan sistem klinik masih jarang dilakukan dalam konteks penggunaan API di Indonesia.

Berdasarkan referensi penelitian sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa masalah penelitian sebagai berikut:

Penelitian ini berkonsentrasi pada masalah yang telah dijelaskan dan bagaimana merancang dan mengembangkan sistem informasi klinik yang terintegrasi dengan aplikasi manajemen obat. Ini juga membahas bagaimana penggunaan API dapat meningkatkan efisiensi pencatatan pasien dan pengelolaan obat, dan masalah apa yang muncul saat mengintegrasikan data antara aplikasi manajemen obat tersebar dan sistem klinik.

Tujuan penelitian ini antara lain untuk mengembangkan sistem informasi klinik yang terintegrasi dengan aplikasi manajemen obat berbasis API; menghasilkan sistem yang dapat menyediakan data pasien dan data obat secara konsisten, akurat, dan *real-time*; dan menganalisis bagaimana implementasi API menghubungkan kedua aplikasi untuk mendukung operasional klinik yang lebih efisien.

Penelitian ini tidak mencakup integrasi sistem dengan sistem pihak ketiga seperti BPJS, apotek eksternal, atau sistem rumah sakit lainnya, lebih khusus lagi, integrasi data dilakukan melalui API antara dua aplikasi yang dikembangkan oleh penulis.

Penelitian ini berkontribusi pada penerapan API langsung antara sistem klinik dan aplikasi manajemen obat dengan menggunakan NIK sebagai identitas penghubung utama. Ini adalah topik yang masih jarang dibahas pada penelitian klinik skala kecil di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem informasi klinik yang lebih modern, terintegrasi, serta mampu mengoptimalkan proses pelayanan kesehatan melalui penggunaan API sebagai salah satu teknologi integrasi data yang efektif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menerapkan sistem terintegrasi antara aplikasi klinik dan aplikasi manajemen obat dengan menggunakan *Application Programming Interface* (API). Penelitian pengembangan membuat produk sistem informasi dan menguji kinerjanya dalam lingkungan nyata.

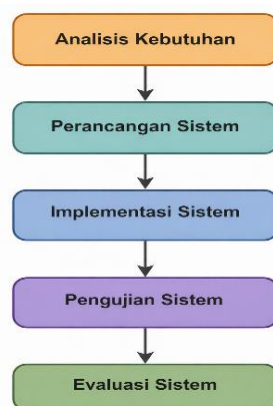
Dalam desain penelitian ini, pendekatan rekayasa perangkat lunak digunakan dengan model pengembangan sistem, yang memungkinkan pengembangan sistem secara bertahap mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian[14][15]. Pendekatan ini biasanya digunakan dalam penelitian sistem informasi karena mampu membuat sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan (*applied research*) karena hasilnya dapat diterapkan secara langsung dalam bentuk aplikasi yang digunakan untuk mendukung proses pelayanan klinik dan pengambilan obat[16]. Tujuan penelitian terapan adalah untuk menemukan solusi untuk masalah nyata yang dihadapi oleh suatu organisasi atau institusi.

2.1 Metode Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Metode Pengujian

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data seperti observasi, wawancara, dan studi pustaka digunakan. Observasi digunakan untuk melihat secara langsung proses pengelolaan obat dan pelayanan klinik sebelum penerapan sistem terintegrasi. Ini memberikan gambaran langsung tentang alur kerja dan masalah yang terjadi di lapangan. Wawancara dilakukan dengan petugas administrasi dan tenaga kesehatan, yang terlibat langsung dalam operasional klinik, untuk mendapatkan informasi tentang kebutuhan sistem dan tantangan dalam mengelola data klinik dan obat. Wawancara adalah metode pengumpulan data yang efektif untuk mengetahui kebutuhan pengguna sistem informasi. Studi juga melihat buku, jurnal, dan publikasi tentang sistem informasi klinik, manajemen obat, dan teknologi API. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkuat landasan ilmiah dan memastikan bahwa sistem yang dikembangkan sesuai dengan konsep yang telah ada. Penelitian ini menggunakan lembar observasi, panduan wawancara, dan dokumen kebutuhan sistem—juga dikenal sebagai dokumen kebutuhan sistem—untuk mengumpulkan data tentang kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem yang akan dibangun. Tujuan penggunaan instrumen penelitian adalah untuk memastikan bahwa data yang diperoleh konsisten dan valid. Untuk memastikan bahwa setiap fitur sistem, termasuk integrasi API antara aplikasi klinik dan aplikasi manajemen obat, berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan, pengujian sistem dilakukan dengan metode *Black Box*, yang berfokus pada fungsi sistem tanpa melihat struktur kode program [17][18].

2.2 Tahapan Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan untuk membangun sistem ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Dari gambar 1 menunjukkan bahwa tahapan penelitian dimulai dengan menilai kebutuhan sistem. Pada tahap ini, kebutuhan pengguna untuk sistem informasi klinik dan aplikasi manajemen obat diidentifikasi. Proses analisis mencakup pengumpulan informasi tentang alur pelayanan

klinik, pengelolaan data pasien, pencatatan resep, dan manajemen stok obat. Hasil dari tahap ini adalah daftar kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang penting untuk proses pengembangan sistem.

Perancangan sistem adalah tahap berikutnya. Di sini, arsitektur sistem, desain basis data, dan desain antarmuka pengguna dibuat. Selain itu, mekanisme integrasi data juga dibuat menggunakan *Application Programming Interface* (API). API berfungsi sebagai penghubung antara sistem klinik dan aplikasi manajemen obat, dan mencakup mekanisme penentuan *endpoint*, format pertukaran data, dan mekanisme autentikasi untuk memastikan bahwa data tetap aman dan konsisten.

Setelah tahap perancangan selesai, implementasi sistem dimulai. Pada tahap ini, teknologi pengembangan web digunakan untuk menerjemahkan desain ke dalam kode program. Sistem informasi klinik dan aplikasi manajemen obat, dua aplikasi yang dikembangkan, dapat diintegrasikan melalui API. Ini memungkinkan pertukaran data pasien dan resep obat secara otomatis dan *real-time*.

Selanjutnya, metode *Black Box Testing* digunakan untuk menguji sistem untuk memastikan semua fungsi berjalan sesuai persyaratan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan mampu berjalan secara terintegrasi; pengujian mencakup fitur utama seperti *login* dan pendaftaran pasien serta integrasi pengiriman dan penerimaan data melalui API.

Dalam tahap terakhir, evaluasi dan penyempurnaan sistem didasarkan pada hasil pengujian dan umpan balik pengguna. Tujuan dari tahap ini adalah memperbaiki kesalahan sehingga sistem siap sepenuhnya untuk membantu operasi klinik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Hasil dari pengembangan dan pelaksanaan sistem menunjukkan bahwa sistem informasi klinik dan aplikasi manajemen obat dirancang dan dioperasikan dengan baik. Selama pengujian, semua fitur yang dikembangkan beroperasi dengan baik. Kemampuan sistem untuk bertukar data pasien dan resep obat secara otomatis dan konsisten menunjukkan bahwa integrasi dengan *Application Programming Interface* (API) berhasil.

Aplikasi klinik dapat mengirimkan data pasien dan data resep obat ke aplikasi manajemen obat dengan menggunakan integrasi menggunakan *Application Programming Interface* (API). Data yang dikirim termasuk identitas pasien, informasi resep, dan jumlah obat; aplikasi manajemen obat dapat menerima dan menampilkan data ini tanpa mengubahnya. Hasil pengujian sistem, yang dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*, menunjukkan bahwa semua fungsi penting sistem dapat berjalan sesuai dengan skenario yang telah ditentukan. Ini termasuk pencatatan pengambilan obat, pengelolaan data

pasien, pengiriman data melalui *API*, dan proses *login*. Untuk memastikan bahwa fungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna, penelitian ini akan menguji fitur fungsional sistem dengan metode *Black Box Testing*. Pengujian performa dan keamanan *API* masih dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

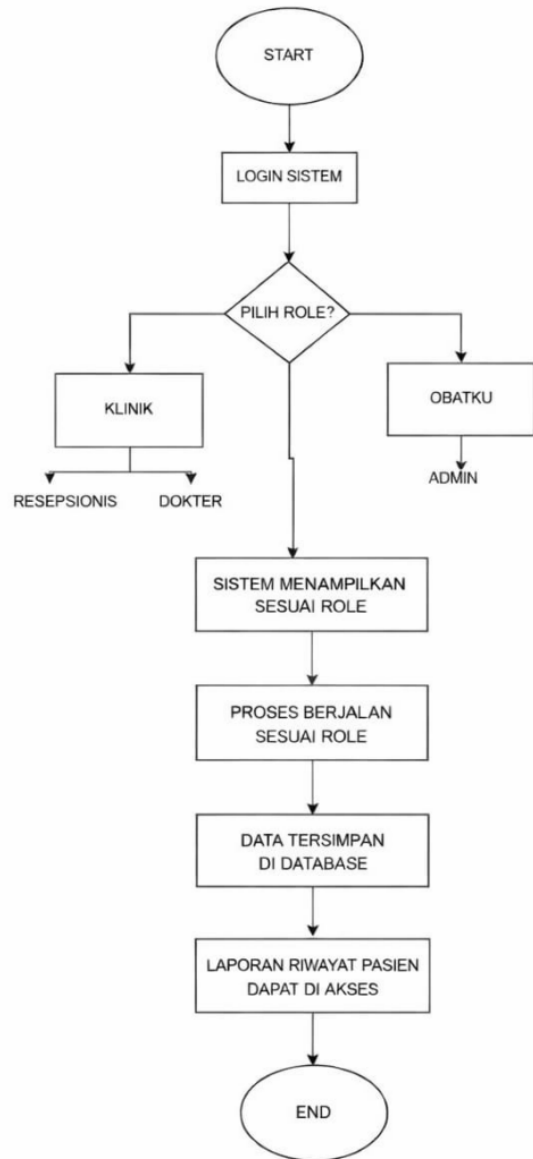
Hasil pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian *Black Box Testing*

No	Fitur	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Diuji
1.	Login sistem	Input <i>username</i> dan <i>password</i>	Sistem menampilkan halaman sesuai <i>role</i>	Valid
2.	Input data pasien	Mengisi data pasien lengkap	Data tersimpan di <i>database</i>	Valid
3.	Penanganan pasien	<i>Role</i> dokter berhasil menangani pasien	Sistem berhasil mengirim data ke aplikasi manajemen obat	Valid
4.	API terhubung	Data dari aplikasi klinik terpanggil di aplikasi manajemen obat	Sistem berhasil menarik data dari aplikasi klinik ke aplikasi manajemen obat menggunakan <i>API</i>	Valid

3.1.1 Alur Kerja Aplikasi

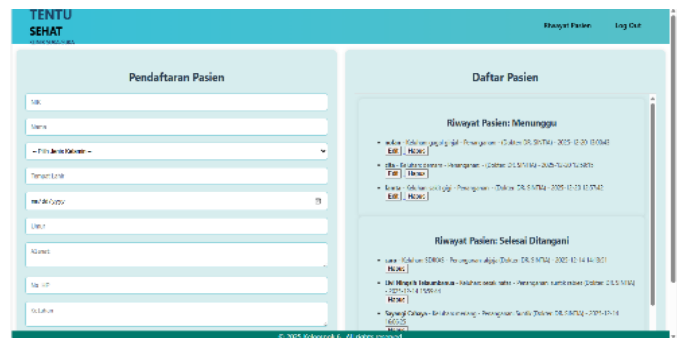
Gambar 2 menunjukkan cara sistem terintegrasi antara aplikasi klinik dan manajemen obat bekerja. Prosesnya dimulai dengan *resepsionis* mendaftarkan pasien di aplikasi klinik dan memasukkan data identitas mereka, termasuk *NIK* mereka. Selanjutnya, data tersebut disimpan di basis data sistem klinik. Dokter kemudian memeriksa pasien dan membuat diagnosis dan resep obat. Setelah pemeriksaan selesai, data pasien dan resep obat dikirim ke aplikasi manajemen obat melalui mekanisme *Application Programming Interface (API)*. Integrasi *API* memastikan bahwa hanya pasien yang telah diperiksa oleh dokter yang dapat diproses oleh aplikasi manajemen obat, yang membuat alur pelayanan lebih terorganisir dan aman.



Gambar 2. Flowchart

Berikut adalah alur kerja aplikasi:

- a) Pada aplikasi klinik terdapat dua *role* yang digunakan, yaitu *role resepsionis* dan juga *role dokter*.



Gambar 3. Halaman Resepsionis

Gambar 3 mengintegrasikan halaman *resepsionis* ke dalam aplikasi klinik. Halaman ini digunakan untuk mendaftarkan

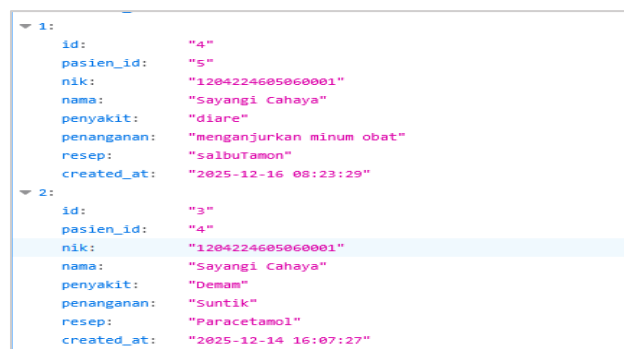
pasien baru dan menyimpan data pasien yang sudah terdaftar. Sebelum pasien menerima perawatan medis, *receptionis* harus memasukkan semua data identitas pasien secara lengkap dan benar. Pada tahap ini, data yang disimpan akan digunakan sebagai dasar untuk proses pelayanan berikutnya. Mereka akan terintegrasi dengan aplikasi manajemen obat melalui API.

b) Pasien yang telah didaftarkan oleh resepsionis selanjutnya ditangani oleh dokter. Data pasien yang telah melalui proses pemeriksaan dokter dikirimkan ke aplikasi manajemen obat melalui API, sehingga pasien hanya dapat diakses pada aplikasi manajemen obat setelah dinyatakan selesai diperiksa. Proses integrasi data antar aplikasi menggunakan NIK pasien sebagai identitas penghubung.



Gambar 4. Halaman Dokter

Gambar 4 menggambarkan halaman yang digunakan oleh dokter untuk melakukan pemeriksaan pasien. Pada halaman ini, dokter dapat melihat data pasien yang telah didaftarkan oleh resepsionis, memasukkan hasil pemeriksaan, dan menentukan resep obat yang diperlukan. Setelah dokter menyelesaikan pemeriksaan, sistem secara otomatis mengirimkan data pasien dan resep obat ke aplikasi manajemen obat melalui API. Mekanisme ini memastikan bahwa proses manajemen obat hanya dilakukan berdasarkan informasi yang diberikan oleh pasien.



Gambar 5. Hasil API

Gambar 5 menunjukkan hasil dari integrasi API antara aplikasi klinik dan aplikasi manajemen obat. Pada tahap ini, aplikasi manajemen obat dapat dengan mudah menerima data pasien dan resep obat dari aplikasi klinik tanpa mengubah data yang dikirimkan. Kemungkinan kesalahan *input* ulang dan duplikasi data diminimalkan karena proses pertukaran data yang otomatis dan berlangsung secara *real-*

time. Kesuksesan integrasi ini menunjukkan bahwa API dapat berfungsi sebagai penghubung antar sistem.

c) Selanjutnya, di aplikasi obatku, pasien dapat di cari menggunakan NIK dari pasien aplikasi klinik.



Gambar 6. Halaman Obatku

Gambar 6 menampilkan halaman aplikasi manajemen obat yang digunakan untuk mengelola pengambilan dan pendistribusian obat kepada pasien. Aplikasi ini menggunakan NIK sebagai identitas utama yang terintegrasi dari aplikasi klinik untuk mencari data pasien dan menampilkan informasi resep serta jumlah obat yang harus diberikan kepada pasien. Proses manajemen obat menjadi lebih efektif, akurat, dan terkontrol ketika sistem diintegrasikan.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengembangan sistem yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa integrasi antara sistem informasi klinik dan aplikasi manajemen obat yang menggunakan *Application Programming Interface* (API) telah berjalan dengan baik. Tujuan penelitian telah dicapai. Sistem yang dibuat dapat menghubungkan dua aplikasi yang berbeda secara efektif. Ini memungkinkan pertukaran data pasien dan resep obat tanpa perlu melakukan proses *input* ulang[19][20]. Dengan integrasi API, dokter dapat meneruskan data pasien dari aplikasi klinik ke aplikasi manajemen obat. Penggunaan NIK sebagai identitas penghubung antar aplikasi menjamin konsistensi data karena setiap pasien diwakili dengan identitas yang sama pada kedua sistem. Alur pelayanan menjadi lebih terorganisir karena mekanisme ini mencegah pasien datang ke aplikasi manajemen obat jika mereka belum menjalani pemeriksaan dokter.

Hasil pengujian metode *Black Box* menunjukkan bahwa semua fungsi penting sistem dapat berjalan sesuai dengan skenario yang telah ditentukan. Kesuksesan pengujian yang dilakukan pada fitur *login*, pengelolaan data pasien, penanganan pasien oleh dokter, dan pengiriman data melalui API menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional pengguna. Ini menunjukkan bahwa integrasi API tidak hanya berfungsi sebagai penghubung data tetapi juga dapat membantu proses sistem secara keseluruhan berjalan[11][17].

Pembagian tugas antara resepsionis dan dokter dalam alur kerja aplikasi membuat tanggung jawab dalam sistem jelas. Berbeda dengan dokter yang menangani pemeriksaan dan penentuan resep, resepsionis berkonsentrasi pada pendaftaran pasien. Alur ini memastikan bahwa hanya data pasien yang *valid* dan telah melalui proses pemeriksaan yang dikirimkan ke aplikasi manajemen obat. Dengan demikian, sistem dapat mengurangi kesalahan data dan menghindari pengelolaan obat untuk pasien yang belum mendapatkan perawatan medis[13]. Selain itu, sistem dapat melakukan pertukaran data secara terstruktur dan teratur berkat integrasi API yang digunakan. Aplikasi manajemen obat dapat menerima dan menampilkan data dari aplikasi klinik tanpa mengubah isi data, menunjukkan bahwa mekanisme komunikasi antar aplikasi bekerja dengan baik dan sesuai dengan desain sistem[21][22].

Meskipun sistem telah berjalan dengan baik, masih ada beberapa keterbatasan yang mungkin memerlukan pengembangan lebih lanjut[23]. Aspek keamanan API seperti penggunaan autentikasi lanjutan atau enkripsi data belum dibahas dalam penelitian ini. Selain itu, sistem belum terintegrasi dengan layanan eksternal seperti BPJS Kesehatan atau sistem apotek pihak ketiga[24][25]. Dengan keterbatasan ini, ada peluang untuk membangun sistem yang lebih luas dan kompleks dalam penelitian yang akan datang.

4. KESIMPULAN

Hasil pengembangan, pengujian, dan diskusi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem informasi klinik dan aplikasi manajemen obat dapat dibangun dan diintegrasikan dengan sukses dengan menggunakan *Application Programming Interface* (API). Ini memungkinkan sistem untuk menghubungkan dua aplikasi yang berbeda secara efektif, yang memungkinkan pertukaran data pasien dan resep obat dilakukan secara terstruktur.

Aplikasi klinik dapat secara otomatis mengirimkan data pasien yang telah ditangani oleh dokter ke aplikasi manajemen obat melalui integrasi API. Penggunaan NIK sebagai identitas penghubung antar aplikasi memastikan data pasien konsisten, sehingga pasien hanya dapat diakses pada aplikasi manajemen obat setelah dokter menyelesaikan proses pemeriksaan.

Hasil pengujian sistem dengan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa semua fungsi penting sistem berjalan sesuai dengan *skenario* yang telah ditentukan. Kesalahan fungsional tidak perlu terjadi dalam proses *login*, pengelolaan data pasien, penanganan pasien oleh dokter, pengiriman data melalui API, dan pencatatan pengambilan obat.

Oleh karena itu, penelitian ini menemukan solusi untuk masalah-masalah berikut: membangun sistem informasi klinik yang terintegrasi dengan aplikasi manajemen obat, menyediakan data pasien dan obat secara konsisten dan

akurat, dan menerapkan API untuk mendukung operasional klinik. Sistem yang dibuat diharapkan dapat membantu proses pelayanan klinik yang terkomputerisasi dan terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Purba, et al., "Analisis Manfaat Penerapan Sistem Informasi Kesehatan Dalam Pengolahan Data Pasien Di Klinik," *Vitamedica: Jurnal Rumpun Kesehatan Umum*, Vol. 3, No. 1, Pp. 01-11.
- [2] A. Irmayana, A. Salam, and Muammar, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Pasien Berbasis Komputer Untuk Meningkatkan Efisiensi Di Rumah Sakit", *Jmasif*, Vol. 3, No. 1, Pp. 33-42, 2024, Doi: 10.59431/Jmasif.V3i1.462.
- [3] N. K. Akmal Dan M. N. Dasaprawira, "Rancang Bangun Application Programming Interface (Api) Menggunakan Gaya Arsitektur Graphql Untuk Pembuatan Sistem Informasi Pendataan Anggota Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Studi Kasus UKM Starlabs", *J. Sitech Sist. Inf. Dan Teknologi*, Vol. 5, No. 1, Hlm. 37-40, Jun 2022.
- [4] Desfe-Kelola, "Mengoptimalkan Kinerja Klinik Dengan Sistem Informasi Manajemen Klinik Terintegrasi," *Desmedic*. [Online]. Available: <https://Desmedic.Id/Mengoptimalkan-Kinerja-Klinik-Dengan-Sistem-Informasi-Manajemen-Klinik-Terintegrasi/>
- [5] J. David, J. Euzenat, F. Scharffe, C. Trojahn Dos Santos, "The Alignment Api 4.0," *Semantic Web: – Interoperability, Usability, Applicability*, Vol. 2, No. 1, Pp. 3-10, 2011, Doi:10.3233/Sw-2011-0028.
- [6] K. Ruliyanto *Et Al.*, "Sistem Informasi Manajemen Persediaan Obat Berbasis Web Menggunakan Metode Prototype Pada Apotek," *String (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, Vol. 5, No. 3, 2021.
- [7] H. Rohman And R. A. Prasetyo, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Klinik Berbasis Web Di Klinik Mitra Husada Nglipar," *Pros. Semin. Inf. Kesehat. Nas.*, Vol. 2(1), Pp. 1-9, 2023.
- [8] M. Hazimah And M. Rizki, "Perancangan Sistem Informasi Administrasi Rawat Jalan Pada Klinik Insan Permata Berbasis Web", *Abdi*, Vol. 1, No. 2 Desember, Pp. 71-80, Dec. 2020, Doi: 10.34306/Abdi.V1i2.220.
- [9] A. Suprianto, "Rancang Bangun Aplikasi Pendaftaran Pasien Online Dan Pemeriksaan Dokter Di Klinik Pengobatan Berbasis Web," *Jurnal Rekayasa Informasi*, Vol. 10, No. 2, Hlm. 136-149, 2021.

- [10] M. Merry, Y. Hartanti, M. Sudiarman, And E. Marlina, "Kebijakan Pemerintah Terhadap Digitalisasi Layanan Kesehatan Primer: Studi Kasus Platform Satusehat," *Jumpa Bhakti: Jurnal Multidisiplin Pascasarjana Bhakti*, Vol. 1, No. 2, Pp. 70–79, 2025.
- [11] Y. Y. Putranto, T. Wijanarko, A. Putra, And F. N. Hakim, "Rancang Bangun Sistem Informasi Rekam Medis Klinik Berbasis Web (Studi Kasus: Klinik Utama Meditama Semarang)," *Jurnal Informatika Upgris*, Vol. 3, No. 2, Pp. 105–115, 2017.
- [12] H. Irawan, "Deteksi Fraud Kartu Kredit Dengan Logistic Regression, Random Forest, Dan Gradient Boosting," *J. Inform. Terpadu*, Vol. 11, No. 2, Hlm. 92–97, Sep 2025.
- [13] Y. Christanto, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Klinik Dengan Metode Extreme Programing," S1, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri: Jawa Timur, 2024.
- [14] R. K. Safitri And H. P. Putro, "Implementasi Rest Api Untuk Komunikasi Antara Reactjs Dan Nodejs (Studi Kasus: Modul Manajemen User Solusi247)," *Automata*, Vol. 2, No. 1, Pp. 0–4, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uii.ac.id/automata/article/view/17381>.
- [15] M. F. A. Muri, H. S. Utomo, And R. Sayyidati, "Search Engine Get Application Programming Interface," *Jurnal Sains Dan Informatika*, Vol. 5, No. November, Pp. 88–97, 2019, Doi: 10.34128/Jsi.V5i2.175.
- [16] J. Susilo And R. A. Mursalin, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit Menggunakan Framework Php," *Jurnal Sains Nalar Dan Aplikasi Teknologi Informasi*, Vol. 2, No. 2, Pp. 32–38, 2023, Doi: 10.20885/Snati.V2i2.24.
- [17] A. H. Rakhmah And H. Purwoko, "Efektivitas Web API dalam Integrasi Bahasa," *Seminar Nasional Riset dan Teknologi (SEMNAS RISTEK)*, vol. 5, no. 1, pp. 18–22, 2021.
- [18] Baharuddin, H. Wakkang and B. Irianto, "Implementasi Web Service dengan Metode Rest API untuk Integrasi Data Covid 19 di Sulawesi Selatan," *Jurnal Sintaks Logika (JSilog)*, vol. 2, no. 1, pp. 236–241, 2022.
- [19] M. W. R. Fakhrun and S. F. S. Gumilang, "Rancangan Web Service Dengan Metode REST API Untuk Integrasi Aplikasi Mobile dan Website pada Bank Sampah," *KNSI: Konferensi Nasional Sistem Informasi*, pp. 214–219, 2018.
- [20] N. A. Hasibuan and D. S. Simatupang, "Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Stok Obat Berbasis Web Menggunakan Metode XP," *Journal of Innovative and Creativity*, vol. 5, no. 2, pp. 23426–23437, 2025.
- [21] Z. Ghazalba and A. Anggara, "Sistem Rekam Medis Dan Pendaftaran Online Berbasis Web Dan Android Untuk Meningkatkan Efisiensi Klinik," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 6, pp. 976–986, 2024..
- [22] M. H. Tinambunan, A. H. Siregar, and S. Ginting, "Fullstack Programming: Membangun Application Programming Interface (API) dengan Laravel," *Penerbit Tahta Media*, 2024.
- [23] A. V. Prawisty, P. Ayuningtyas, R. Basatha, "Pengembangan Aplikasi Manajemen Apotek Berbasis Aplikasi Visual Studio 2022," *AL-DYAS: Jurnal Inovasi dan Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 267–278, 2024.
- [24] I. Arwani, S. R. Akbar, D. Syauqy, and B. H. Prasetyo, "Pengembangan Sistem Informasi Puskesmas Terintegrasi Sebagai Upaya Peningkatan Layanan Kesehatan Masyarakat Di Kabupaten Malang," *DIMASLOKA: Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknologi Informasi dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 22–28, 2022.
- [25] C. A. Winata, R. Mumpuni, and F. P. Aditiawan, "Perancangan Sistem Klinik Kesehatan Dan Inventori Obat di Klinik Kesehatan Gratis Al-Muhajirin," *JITET*, vol. 12, no. 3S1, pp. 3983–3994, 2024.



DETEKSI PEROKOK MENGGUNAKAN ALGORITMA *YOU ONLY LOOK ONCE* (YOLO) DAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Aprilian Gevindo¹, Syafri Arlis²

^{1,2} Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia YPTK
Padang, Sumatera Barat, Indonesia 25145
liando1801@gmail.com, syafri_arlis@upiyptk.ac.id

Abstract

Image processing technology continues to advance and is widely used for visual identification of human activities, including monitoring smoking behavior in no-smoking areas. This study develops an automated smoking activity detection and recognition system based on digital image processing, combining YOLO (You Only Look Once) for object detection and a CNN (Convolutional Neural Network) as an image classifier. YOLO detects and crops human objects, while the CNN classifies smoking and non-smoking activities based on visual features. The preprocessed dataset contains 560 valid images per class (smoking and not smoking). Training results show 96.09% accuracy on the training set and 94.44% on the validation set, with stable loss, while model evaluation yields 94.44% accuracy, 92.55% precision, 96.67% recall, 94.57% F1-score, and Average Precision (AP), indicating excellent classification performance. The model can also detect smoking activities in real-time images and camera feeds, demonstrating the effectiveness of combining YOLO and a CNN for automated detection, with potential applications in no-smoking areas.

Keywords: CNN, Digital Image Processing, Human Activity Recognition, Smoking Activity Detection, YOLO

Abstrak

Teknologi pengolahan citra terus berkembang dan dimanfaatkan untuk identifikasi aktivitas manusia secara visual, termasuk pemantauan aktivitas merokok di kawasan tanpa rokok. Penelitian ini mengembangkan deteksi dan pengenalan aktivitas merokok dengan menggabungkan YOLO (*You Only Look Once*) untuk pendeteksian objek dan CNN (*Convolutional Neural Network*) sebagai pengklasifikasi citra. YOLO melakukan deteksi dan *cropping* objek manusia, sedangkan CNN mengklasifikasikan aktivitas merokok dan tidak merokok berdasarkan ciri visual. *Dataset* berjumlah 3.254 yang telah diproses menghasilkan masing-masing 560 citra *valid* untuk kelas *smoking* dan *not smoking*. Hasil pelatihan menunjukkan akurasi 96,09% pada data latih dan 94,44% pada data validasi, dengan *loss* yang stabil, serta evaluasi model menghasilkan *accuracy* 94,44%, *precision* 92,55%, *recall* 96,67%, *F1-score* 94,57%, dan *Average Precision* (AP) 98,72%, menunjukkan performa klasifikasi yang sangat baik. Model juga mampu mendeteksi aktivitas merokok secara responsif pada citra dan kamera *real-time*, membuktikan efektivitas kombinasi YOLO dan CNN dalam membangun deteksi otomatis dan berpotensi diterapkan di kawasan tanpa rokok.

Kata kunci: CNN, Deteksi Aktivitas Merokok, Pengolahan Citra Digital, Pengenalan Aktivitas Manusia, YOLO

1. PENDAHULUAN

Teknologi pengolahan citra terus berkembang dan menarik perhatian banyak pihak untuk dieksplorasi lebih jauh [1]. Berbagai aplikasi visi komputer telah memanfaatkan deteksi sebagai alat utama untuk mengekstraksi informasi secara otomatis [2]. Salah satu potensi penerapan teknologi ini adalah dalam mengidentifikasi aktivitas manusia secara visual sebagai upaya pemantauan dan pencegahan [3].

Merokok menjadi kebiasaan umum yang masih sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari di berbagai negara,

termasuk Indonesia [4]. Walaupun banyak orang telah memahami dampak buruk dari merokok, perilaku ini tetap melekat kuat dalam budaya masyarakat dan sulit untuk dihilangkan [5]. Selain sebagai kebiasaan, aktivitas merokok juga sering diasosiasikan dengan gaya hidup tertentu [6]. Suatu konsep sistem deteksi menjadi sebuah solusi dalam menangani masalah tersebut [7].

Studi sebelumnya yang dilakukan oleh Wynne dkk. [8], membahas pentingnya penerapan kebijakan kawasan bebas asap rokok sebagai upaya untuk mengurangi paparan asap

rokok bagi masyarakat. Penelitian tersebut menekankan bahwa keberhasilan penerapan kebijakan tersebut sangat bergantung pada tingkat kesadaran masyarakat serta mekanisme penegakan aturan yang efektif. Tingkat kepatuhan yang masih bervariasi menunjukkan bahwa upaya pengawasan dan pemantauan terhadap aktivitas merokok di area tertentu masih perlu ditingkatkan. Kondisi tersebut membuka peluang pemanfaatan teknologi sebagai sarana untuk membantu proses pemantauan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

Salah satu bentuk representasi visual dari dunia nyata yaitu citra digital [9]. Citra digital merupakan gambaran representasi visual dunia nyata dalam bentuk digital yang dapat dianalisis dan diproses oleh komputer [10]. Citra dapat dikatakan pula sebagai sebuah gambar, foto yang ditampilkan atau bentuk lain yang memberikan representasi visual tentang sebuah objek atau pemandangan [11]. Bidang pengolahan citra digital menitikberatkan pada pengembangan teknik untuk mengolah dan menganalisis informasi visual dari citra [12]. Beberapa tahun terakhir, teknologi ini menunjukkan peran yang semakin luas dalam mendukung berbagai sektor [13].

Kajian sebelumnya yang dilakukan oleh Cho dkk. [14], mengkaji sistem deteksi aktivitas merokok di dalam ruangan dengan memanfaatkan sensor *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi gas yang dihasilkan dari asap rokok seperti karbon dioksida (CO₂) dan total *volatile organic compounds* (TVOC). Data yang diperoleh dari sensor tersebut kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *machine learning* dan *deep learning* untuk mengklasifikasikan kondisi lingkungan apakah terdapat aktivitas merokok menunjukkan bahwa metode *Support Vector Machine* (SVM) memberikan performa terbaik dengan tingkat akurasi mencapai sekitar 93% dan nilai *F1-score* sebesar 88% dalam proses klasifikasi. Model lain seperti *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Multilayer Perceptron* (MLP) juga mampu melakukan prediksi dengan cukup baik, namun memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan dan efisiensi pemrosesan data. Pendekatan berbasis sensor gas tersebut memiliki kelemahan karena sangat bergantung pada kondisi lingkungan, seperti ventilasi ruangan, konsentrasi gas lain, serta kemungkinan terjadinya *overfitting* pada model apabila data pelatihan tidak cukup beragam.

YOLO (*You Only Look Once*) termasuk metode deteksi objek yang mengandalkan jaringan konvolusional tunggal dalam memprediksi letak objek dalam citra [15]. Melalui pendekatan model terpadu, YOLO memanfaatkan satu jaringan saraf untuk menghasilkan prediksi kotak pembatas dan probabilitas kelas dalam satu proses terhadap keseluruhan gambar [16]. YOLO merupakan deteksi objek tipe *one-stage detector* yang tidak memerlukan tahap pemilihan wilayah secara eksplisit [17]. Mekanisme kerja YOLO melibatkan pemberian beberapa kotak pembatas serta nilai keyakinan guna menentukan keberadaan objek [18].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Guarnido-Lopez dkk. [19], mengkaji penerapan algoritma YOLO untuk mendeteksi perilaku hewan ternak melalui analisis citra *video*. Penelitian tersebut membandingkan performa dua versi algoritma YOLO, yaitu *YOLOv8*, dalam mendeteksi aktivitas makan sapi seperti *biting*, *chewing*, dan *visiting* pada area pakan. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan *dataset* citra yang diperoleh dari rekaman *video* di peternakan dan dievaluasi menggunakan beberapa metrik performa seperti *precision*, *recall*, *Average Precision* (AP), serta *F1-score*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi aktivitas dengan akurasi yang cukup tinggi, bahkan mencapai sekitar 91% dalam pengenalan beberapa aktivitas makan pada sapi. Model *YOLOv8* menunjukkan performa yang baik sisi *precision* dan *recall*, serta memiliki konsistensi prediksi yang lebih stabil pada berbagai kondisi pengamatan. Keterbatasan penelitian ini terletak pada kebutuhan *dataset* citra yang cukup besar serta proses pelatihan yang memerlukan sumber daya komputasi yang tinggi. Kondisi lingkungan seperti pencahayaan, sudut kamera, dan pergerakan objek juga dapat mempengaruhi akurasi deteksi sehingga berpotensi menyebabkan kesalahan klasifikasi atau *overfitting* apabila model tidak dilatih dengan data yang beragam.

Algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN) juga termasuk dalam pendekatan yang kuat dalam pengenalan pola pada data citra [20]. Salah satu kekuatan CNN terletak pada kemampuannya mengidentifikasi pola visual yang kompleks dan beragam [21]. Desain CNN terinspirasi dari sistem visual pada otak manusia, di mana fitur citra diekstraksi secara bertingkat dan berurutan [22]. Konvolusi bekerja dengan prinsip *sliding window* dan *weight sharing* [23]. Proses ini menerapkan fungsi *output* sebagai *feature map* dari *input* suatu citra [24].

Penelitian yang dilakukan oleh Uddin dkk. [25], mengkaji deteksi aktivitas merokok menggunakan metode CNN berbasis citra. Model yang dikembangkan dilatih menggunakan *dataset* citra aktivitas merokok dan tidak merokok dengan fungsi *binary cross-entropy* serta optimasi *stochastic gradient descent* untuk proses klasifikasi. Hasil pengujian menunjukkan model mampu mencapai akurasi sebesar 89.51%, namun pendekatan ini memiliki keterbatasan karena memerlukan *dataset* citra yang cukup besar dan berpotensi mengalami *overfitting* apabila variasi data pelatihan tidak beragam.

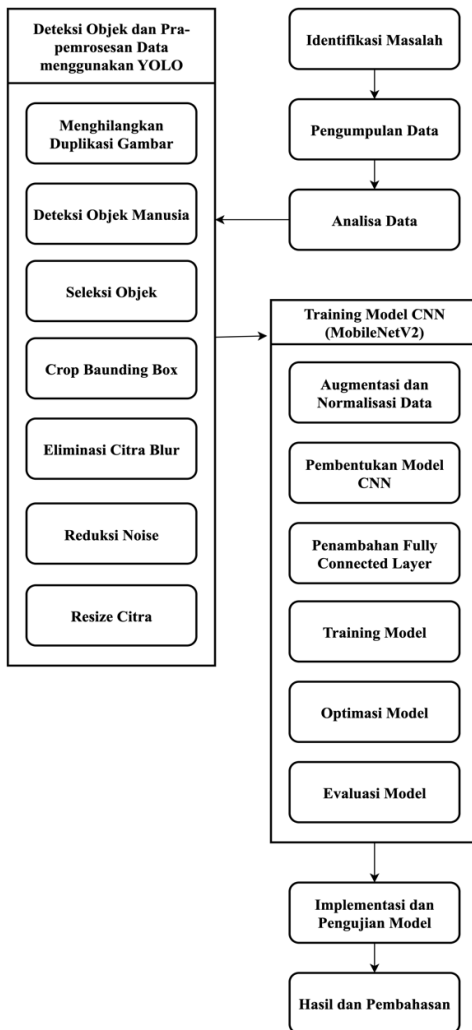
Berdasarkan uraian permasalahan dan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi aktivitas merokok berbasis pengolahan citra menggunakan algoritma YOLO dan CNN. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mendeteksi keberadaan objek rokok maupun aktivitas merokok pada citra atau *video* secara otomatis. Pendekatan ini memanfaatkan kemampuan YOLO dalam melakukan deteksi objek secara cepat serta kemampuan CNN dalam

mengenali pola visual pada citra. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi salah satu alternatif solusi dalam membantu proses pemantauan aktivitas merokok secara lebih efektif.

Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan kombinasi algoritma YOLO dan CNN untuk mendeteksi aktivitas merokok berbasis citra digital. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam mengenali objek rokok maupun perilaku merokok secara lebih akurat dibandingkan metode deteksi konvensional. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pemantauan berbasis visi komputer yang dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam mendukung penerapan kawasan bebas asap rokok.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini disusun untuk menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian, mulai dari pengumpulan data hingga evaluasi hasil [26]. Setiap tahapan dirancang secara sistematis agar tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Metode Penelitian

Gambar 1 tersebut menunjukkan alur pelaksanaan penelitian yang mencakup langkah-langkah utama yang

ditempuh selama proses penelitian. Mengikuti alur tersebut, diharapkan proses penelitian menjadi lebih terarah. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan konsep terarah seperti Gambar 1 atas.

2.1 Tahapan Penelitian

2.1.1 Identifikasi Masalah

Aktivitas merokok di ruangan atau area yang telah ditetapkan sebagai Kawasan Tanpa Rokok (KTR) masih sering terjadi dan sulit diawasi secara optimal, terutama di tempat umum seperti kantor, rumah sakit, terminal, atau ruang tertutup lainnya [27]. Pengawasan manual oleh petugas tidak selalu efektif karena keterbatasan waktu, tenaga, dan cakupan area yang luas. Hal ini menimbulkan permasalahan serius, terutama terkait dengan kesehatan publik dan pelanggaran terhadap peraturan daerah atau institusi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem otomatis berbasis teknologi visi komputer yang mampu mendeteksi dan mengenali keberadaan seorang perokok secara *real-time*. Pemanfaatan algoritma YOLO untuk deteksi objek dan CNN untuk klasifikasi gambar menjadi pendekatan yang potensial dalam membangun sistem deteksi pelanggaran merokok di area terlarang secara efektif dan efisien.

2.1.2 Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber *dataset* terbuka di *internet*. *Dataset* yang digunakan yaitu total sebanyak 3.254 gambar dengan ukuran piksel yang beragam. Data bersumber dari *platform Kaggle* pada tautan berikut.

2.1.3 Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dan pengenalan aktivitas merokok dengan menggabungkan algoritma YOLO untuk mendeteksi objek dan CNN untuk melakukan klasifikasi citra. Proses dimulai dari pengolahan citra *input* melalui tahap pra-pemrosesan, dilanjutkan dengan ekstraksi fitur menggunakan CNN, serta identifikasi objek rokok atau perokok menggunakan YOLO. Seluruh data dianalisis dengan membandingkan pola visual antara kelas *Smoking* dan *Not Smoking* guna membentuk model pembelajaran yang mampu mengenali karakteristik khas dari masing-masing kelas. Analisis ini menjadi dasar dalam membangun arsitektur model dan merancang strategi pelatihan yang sesuai untuk mencapai performa sistem yang optimal.

Proses analisis data juga melibatkan penerapan teknik *data augmentation* pada citra pelatihan. Teknik ini dilakukan dengan menghasilkan variasi citra baru melalui transformasi seperti rotasi, *flipping*, *zoom*, dan perubahan tingkat pencahayaan. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan jumlah variasi data pelatihan sehingga model dapat belajar mengenali pola objek dalam berbagai kondisi visual yang berbeda. Penerapan data *augmentation* juga membantu

meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap data baru. Model yang dilatih dengan variasi data yang lebih beragam cenderung memiliki performa yang lebih stabil ketika diterapkan pada kondisi nyata.

1) Algoritma YOLO

YOLO merupakan deteksi objek tipe *one-stage detector* yang tidak memerlukan tahap pemilihan wilayah secara eksplisit [28]. *Confidence score* menunjukkan kemungkinan keberadaan objek dalam *grid* tertentu, sedangkan koordinat dan ukuran menggambarkan posisi serta dimensi dari objek yang terdeteksi. Berikut persamaan rumus dari YOLO [29]:

a. *Confidence Score*

Confidence Score digunakan untuk menentukan tingkat keyakinan model terhadap keberadaan objek dan kelasnya yang dapat dihitung dengan Persamaan (1):

$$Confidence = P(object) \times P(Class) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

$P(object)$ = Probabilitas adanya objek.

$P(Class)$ = Probabilitas kelas.

b. *Bounding Box Area*

Perhitungan luas *bounding box* digunakan untuk menentukan ukuran area objek yang terdeteksi melalui Persamaan (2):

$$Area = (x_2 - x_1) \times (y_2 - y_1) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

x_1, y_1 = Koordinat kiri atas *bounding box*.

x_2, y_2 = Koordinat kanan bawah *bounding box*.

c. Rasio Luas Objek terhadap Citra

Rasio luas objek digunakan untuk menyaring objek yang terlalu kecil dalam gambar melalui Persamaan (3):

$$Ratio = \frac{Area_{Object}}{Area_{image}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$Area_{object}$ = Luas *bounding box* objek.

$Area_{area}$ = Luas keseluruhan citra.

d. *Laplacian Variance*

Metode *laplacian variance* digunakan untuk mengukur tingkat ketajaman citra melalui Persamaan (4):

$$\delta^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

δ^2 = Variansi citra.

x_i = Nilai piksel ke-i setelah operasi Laplacian.

μ = Rata-rata nilai piksel.

N = Jumlah piksel.

e. *Resize*

Resize digunakan untuk menyeragamkan ukuran citra sebelum diproses lebih lanjut melalui Persamaan (5):

$$x^l = x \times \frac{W_{new}}{W_{old}}, y^l = y \times \frac{H_{new}}{H_{old}} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

x, y = Koordinat awal.

x^l, y^l = Koordinat setelah *resize*.

W_{old}, H_{old} = Ukuran awal citra.

W_{new}, H_{new} = Ukuran citra setelah *resize*.

f. *Intersection over Union*

Intersection over Union (IoU) digunakan untuk mengukur tingkat *overlap* antara dua *bounding box* melalui Persamaan (6):

$$IoU = \frac{Area_{Overlap}}{Area_{Union}} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

$Area_{Overlap}$ = Luas irisan dua *box*.

$Area_{Union}$ = Luas gabungan dua *box*.

g. *Non-Max Suppression*

Non-Max Suppression (NMS) digunakan untuk menghapus *bounding box* duplikat berdasarkan nilai IoU melalui Persamaan (7):

$$IoU(box_i, box_j) > threshold \rightarrow remove\ box_j \dots \dots (7)$$

Dimana:

box_i = *Box* dengan *confidence* tertinggi.

box_j = *Box* lain.

$threshold$ = Batas IoU.

Penelitian ini menggunakan algoritma YOLO versi *YOLOv8* dengan model dasar *YOLOv8n (nano)*. Model ini dipilih karena memiliki ukuran yang lebih ringan dan mampu melakukan proses deteksi objek dengan kecepatan tinggi. YOLO digunakan untuk mendeteksi objek manusia dan rokok pada citra sebelum dilakukan proses klasifikasi menggunakan CNN.

Proses deteksi dilakukan dengan menentukan *bounding box* pada area yang diprediksi mengandung objek target pada ukuran 224x224 piksel. Nilai *confidence threshold* sebesar 0.2 serta *padding* ukuran 0.15 digunakan untuk menentukan tingkat keyakinan deteksi objek. Area objek yang berhasil terdeteksi kemudian dipotong (*cropping*) untuk digunakan sebagai *input* pada proses klasifikasi menggunakan CNN.

2) Algoritma CNN

Convolutional Neural Network (CNN) dikategorikan dalam *deep learning* karena aplikasinya yang luas dalam memproses data gambar [30]. CNN memiliki desain beberapa arsitektur yang dapat dipelajari. *Feature map* adalah keluaran yang digunakan sebagai *input* dan *output* dari setiap langkah. Berikut konsep dari metode CNN [23]:

a. *Convolutional Layer*

Lapisan *Convolutional* merupakan tahap awal dalam arsitektur CNN yang berfungsi untuk menerima *input* berupa gambar. Lapisan ini melakukan proses konvolusi terhadap citra menggunakan *filter* atau *kernel* guna mengekstraksi fitur penting dari gambar tersebut. Perhitungan konvolusi secara matematis ditunjukkan pada persamaan (8):

$$a \cdot b = \sum_{i=1}^n a_i b_i \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

a, b = Vektor.

b. *Activation Function*

Fungsi aktivasi adalah fungsi *non-linear* yang diterapkan setelah proses konvolusi. Fungsinya untuk memperkenalkan *non-linearitas* pada jaringan, sehingga CNN dapat mempelajari. Fungsi ini biasanya ditempatkan setelah *convolutional layer*. Jaringan saraf berbagai fungsi aktivasi sering digunakan, antara lain:

a) *Rectife Linear*

ReLU adalah fungsi aktivasi yang umum digunakan karena kesederhanaan dan efektivitasnya. Rumus ukuran *output* dari proses konvolusi ditunjukkan oleh persamaan (9):

$$n_{out} = \left\lceil \frac{n_{in} + 2p - k}{s} \right\rceil + 1 \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

n_{in} = *Input*.

p = *Padding*.

k = *Kernel*.

s = *Stride*.

b) *Softmax*

Fungsi *Softmax* digunakan pada bagian akhir jaringan untuk melakukan klasifikasi. Fungsi ini mengubah skor *output* menjadi probabilitas, sehingga nilai total semua kelas adalah 1. *Softmax* sangat berguna ketika klasifikasi mencakup banyak kelas target. Persamaannya ditunjukkan dalam Persamaan (10):

$$softmax(Z_i) = \frac{\exp(Z_i)}{\sum_j \exp(Z_j)} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

Z_i = Skor kelas ke-i.

c. *Pooling Layer*

Lapisan *Pooling* digunakan untuk mengurangi dimensi spasial dari fitur hasil konvolusi. Ini membantu mengurangi jumlah parameter dan komputasi, serta mencegah *overfitting*. Jenis *pooling* yang paling umum adalah *Max Pooling*, yaitu memilih nilai tertinggi dari area tertentu. Perhitungannya dijelaskan dalam Persamaan (11):

$$Pool_{xy} = Max(Conv_{x+1,y}, Conv_{x,y+1}, Conv_{x+1,y+1}) \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

Conv = nilai hasil konvolusi.

d. *Flatten*

Proses *Flattening* mengubah data dari bentuk *matriks* (multidimensi) menjadi vektor satu dimensi. Langkah ini penting karena *layer* berikutnya, yaitu *Fully Connected Layer*, hanya dapat menerima *input* dalam bentuk *vektor*.

e. *Fully Connected Layer*

Lapisan *Fully Connected* merupakan bagian dari jaringan syaraf tiruan yang setiap *neuron* dihubungkan dengan semua neuron pada layer sebelumnya. Lapisan ini terdiri dari neuron tersembunyi (*hidden layer*), fungsi aktivasi, dan *layer* keluaran. FC Layer bertugas untuk melakukan klasifikasi berdasarkan fitur yang telah diekstraksi dari proses sebelumnya, dan menentukan *output* akhir.

Model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang digunakan dalam penelitian ini menerima input citra dengan ukuran 224x224 piksel. Arsitektur CNN terdiri dari beberapa lapisan utama yaitu *convolutional layer*, *activation layer*, *pooling layer*, *flatten layer*, dan *fully connected layer*. Lapisan *convolutional* berfungsi untuk mengekstraksi fitur visual dari citra menggunakan kernel tertentu.

Fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU) digunakan setelah proses konvolusi untuk memperkenalkan sifat *non-linear* pada jaringan. Lapisan *max pooling* digunakan untuk mengurangi dimensi fitur serta mengurangi kompleksitas komputasi. Proses klasifikasi dilakukan pada lapisan *fully connected* dengan fungsi aktivasi *Softmax* untuk menentukan probabilitas kelas *Smoking* dan *Not Smoking*.

Model dilatih menggunakan *optimizer Adam* dengan *learning rate* sebesar 0.001 dan *batch size* sebesar 16. Proses pelatihan dilakukan selama 26 *epoch* dengan penerapan teknik *early stopping* untuk mencegah terjadinya *overfitting* selama proses pelatihan. Evaluasi model melalui tahapan berikut [31]:

a. Accuracy

Accuracy digunakan untuk mengukur seberapa banyak prediksi yang benar dari seluruh data melalui Persamaan (12):

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

$TP = True\ Positive$ (prediksi benar positif).

$TN = True\ Negative$ (prediksi benar negatif).

$FP = False\ Positive$ (prediksi salah positif).

$FN = False\ Negative$ (prediksi salah negatif).

b. Precision

Precision digunakan untuk mengukur seberapa akurat prediksi positif yang dihasilkan model melalui Persamaan (13):

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

$TP = True\ Positive$ (prediksi benar positif).

$FP = False\ Positive$ (prediksi salah positif).

c. Recall

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam menemukan semua data positif melalui Persamaan (14):

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

$TP = True\ Positive$ (prediksi benar positif).

$FN = False\ Negative$ (prediksi salah negatif).

d. F1-Score

F1-Score digunakan untuk menggabungkan *Precision* dan *Recall* menjadi satu nilai keseimbangan melalui Persamaan (15):

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

Precision = Akurasi prediksi positif.

Recall = Kemampuan menemukan data positif.

e. Average Precision

AP (Average Precision) digunakan untuk mengukur performa deteksi objek secara keseluruhan berdasarkan kurva *precision* dan *recall* melalui Persamaan (16):

$$AP = \int_0^1 Precision(Recall) dRecall \dots\dots\dots (16)$$

Dimana:

AP = Average Precision untuk satu kelas.

2.1.4 Implementasi dan Pengujian Model

Implementasi model dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python*, serta memanfaatkan pustaka seperti *TensorFlow* dan *Keras* untuk membangun arsitektur CNN dan mengintegrasikannya dengan algoritma YOLO Model CNN digunakan untuk mengklasifikasikan citra ke dalam dua kategori, yaitu *Smoking* dan *Not Smoking*, sedangkan YOLO digunakan untuk mendeteksi objek manusia dan rokok dalam gambar atau *video*. Data citra yang telah dipra-proses kemudian digunakan dalam proses pelatihan model CNN, sedangkan YOLO diterapkan untuk melakukan deteksi objek secara *real-time*. Seluruh proses implementasi mencakup pemodelan, kompilasi, pelatihan, validasi, serta pengujian model menggunakan data yang telah dibagi sebelumnya.

Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mendeteksi dan mengenali aktivitas merokok berdasarkan citra yang belum pernah dilihat sebelumnya oleh model. Data uji yang digunakan berasal dari bagian data yang telah dipisahkan sebelumnya dan tidak dilibatkan dalam proses pelatihan. Model CNN digunakan untuk mengklasifikasikan gambar ke dalam kelas *Smoking* atau *Not Smoking*, sedangkan YOLO digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek perokok dan rokok dalam gambar atau *video*. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana model mampu menggeneralisasi pola yang telah dipelajari dan memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara efektif dalam situasi nyata, khususnya di area yang merupakan kawasan tanpa rokok.

2.1.5 Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menjelaskan hasil penelitian serta pembahasan yang diperoleh dari proses pengujian dan validasi model menggunakan data yang tidak terlibat dalam pelatihan. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang relevan sebagai acuan untuk menilai peningkatan performa dan kontribusi metode yang digunakan. Selain itu, faktor-faktor yang mempengaruhi hasil, seperti kualitas *dataset*, proses pra-pemrosesan, serta arsitektur model, turut dianalisis untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kinerja sistem yang dikembangkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Algoritma YOLO

Tahap ini dilakukan menggunakan algoritma YOLO untuk mendeteksi dan melakukan *cropping* pada objek manusia yang relevan dengan aktivitas merokok dan tidak merokok. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan pada tahap pelatihan hanya berisi area penting sehingga dapat meningkatkan akurasi model. Berdasarkan hasil pemrosesan, total sebanyak 3.254 gambar telah diproses, yang terdiri dari 1.978 gambar kategori *smoking* dan 1.276 gambar kategori *not smoking*. Hal ini, tidak seluruh gambar dapat digunakan karena dilakukan proses seleksi kualitas data, seperti penghapusan gambar duplikat, gambar buram (*blur*), objek manusia yang terlalu kecil, serta gambar yang tidak terdeteksi objek manusia seperti Gambar 2 berikut:

```

YOLO crop [smoking]: 0% | 56/568 [00:00:07, 711/1]
YOLO crop [smoking]: 100% | 1978/1978 [56:45:00:00, 1.723/11]

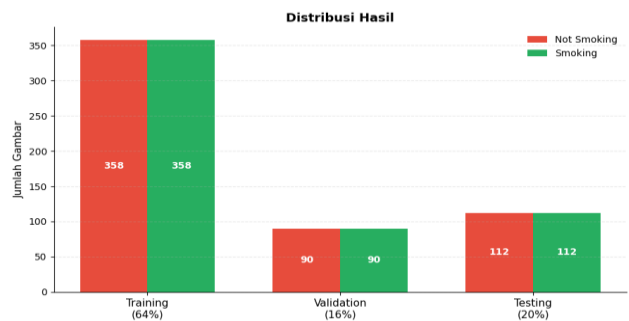
[smoking] Hasil:
ok : 568
gagal_baca : 21
duplikat : 1125
tidak_ada_orang : 294
orang_terlalu_kecil : 12
blur : 56
YOLO crop [not_smoking]: 15% | 191/1276 [05:46:28:38, 1.255/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile
YOLO crop [not_smoking]: 21% | 268/1276 [08:15:27:12, 1.386/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile
YOLO crop [not_smoking]: 34% | 434/1276 [11:28:43:48, 1.489/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile
YOLO crop [not_smoking]: 36% | 468/1276 [12:38:20:15, 1.589/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile
YOLO crop [not_smoking]: 85% | 1084/1276 [25:00:02:40, 1.554/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile
YOLO crop [not_smoking]: 87% | 1118/1276 [26:15:00:25, 1.466/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile
YOLO crop [not_smoking]: 100% | 1276/1276 [31:18:40:00, 1.608/11] Libpng warning: ICC: known incorrect sRGB profile

[not_smoking] Hasil:
ok : 568
gagal_baca : 7
duplikat : 489
tidak_ada_orang : 188
orang_terlalu_kecil : 9
blur : 31

Total gambar diproses: 3254 (smoking: 1978 | not_smoking: 1276) - siap digunakan: 568 | 568
    
```

Gambar 2. Hasil Proses Algoritma YOLO

Gambar 2 menunjukkan hasil dari proses menggunakan YOLO, di mana hanya data yang memenuhi kriteria kualitas yang digunakan untuk tahap selanjutnya. Proses tersebut, masing-masing kategori *smoking* dan *not smoking* menghasilkan 560 gambar yang *valid* dan siap digunakan. Sementara itu, sejumlah data dieliminasi dengan rincian antara lain gambar duplikat yang cukup dominan, objek manusia yang tidak terdeteksi, serta kualitas citra yang rendah seperti *blur* dan kegagalan pembacaan *file*. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pra-pemrosesan sangat berperan penting dalam meningkatkan kualitas *dataset* sebelum masuk ke tahap pelatihan model seperti Gambar 3 berikut:



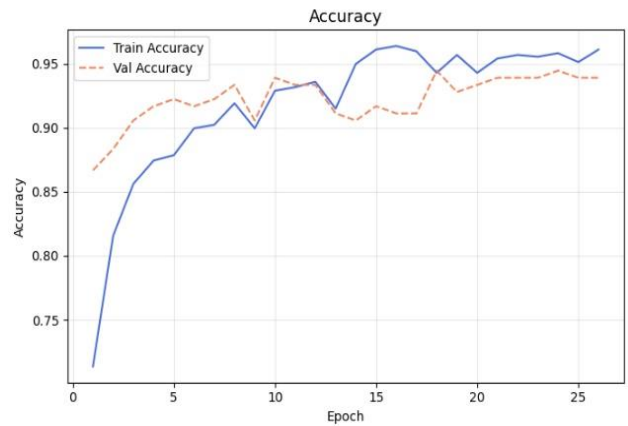
Gambar 3. Hasil Distribusi Pra-Pemrosesan Data

Gambar 3 menampilkan distribusi *dataset* dalam bentuk visualisasi grafik, yang memperlihatkan pembagian data ke dalam tiga bagian utama yaitu *training*, *validation*, dan

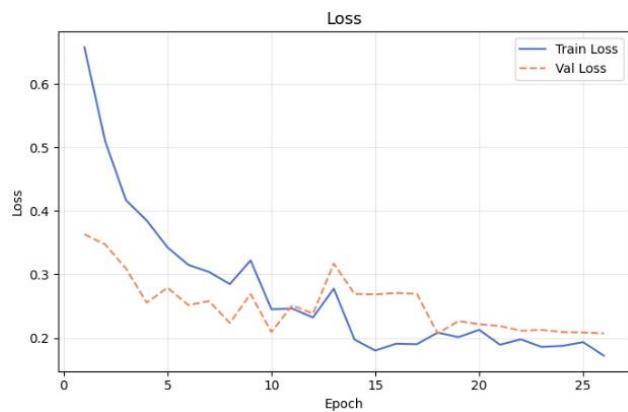
testing. Data *training* terdapat masing-masing 358 citra untuk kelas *smoking* dan 358 citra untuk kelas *not smoking* dengan proporsi sebesar 64% dari total *dataset*. Data *validation* terdapat masing-masing 90 citra untuk kedua kelas dengan proporsi sebesar 16%, sedangkan pada data *testing* terdapat masing-masing 112 citra untuk kelas *smoking* dan *not smoking* dengan proporsi sebesar 20%. Distribusi ini menunjukkan bahwa jumlah data pada setiap kelas seimbang serta pembagian *dataset* telah dilakukan secara terstruktur, sehingga dapat mendukung proses pembelajaran model secara optimal serta menjaga keseimbangan dalam tahap evaluasi dan pengujian.

3.2 Hasil Algoritma CNN

Proses pelatihan model CNN dengan proses pemotongan gambar dari algoritma YOLO dilakukan selama 26 *epoch* menggunakan data citra yang telah melalui tahap pra-pemrosesan. Setiap *epoch* menghasilkan nilai akurasi, *loss*, *val_accuracy*, dan *val_loss* yang menjadi indikator kinerja model selama pelatihan dan validasi. Visualisasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



(a) Accuracy Selama Proses Pelatihan



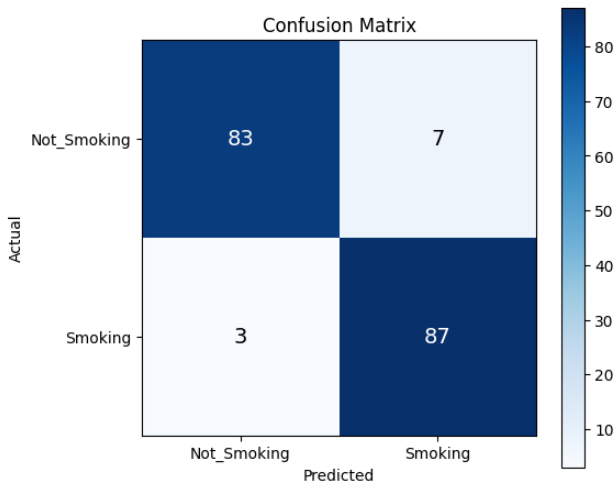
(b) Loss Selama Proses Pelatihan

Gambar 4. Visualisasi Hasil Pelatihan

Gambar 4 menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai akurasi pelatihan dan akurasi validasi relatif kecil, sehingga tidak terdapat indikasi *overfitting* yang signifikan pada model. Nilai akurasi pelatihan mencapai 96,09% dan

akurasi validasi sebesar 94,44%, yang menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola pada data latih sekaligus melakukan generalisasi dengan baik terhadap data validasi. Nilai *loss* pelatihan sebesar 17,21% dan *loss* validasi sebesar 20,7% juga menunjukkan kestabilan proses pembelajaran tanpa fluktuasi yang berlebihan.

Pengujian model dilakukan menggunakan data validasi yang terdiri dari 224 citra yang sebelumnya tidak digunakan dalam proses pelatihan model. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa model tidak hanya mampu mempelajari pola pada data pelatihan, tetapi juga mampu mengenali pola pada data baru. Hasil evaluasi dari proses pengujian ini kemudian dianalisis menggunakan beberapa metrik evaluasi klasifikasi. Hasilnya seperti pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Evaluasi Hasil Pelatihan

Gambar 5 menampilkan evaluasi performa model menggunakan beberapa metrik klasifikasi, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, serta *Average Precision (AP)*. Model yang dihasilkan menunjukkan performa yang sangat baik dengan nilai *accuracy* sebesar 94,44%, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar data pada proses pengujian berhasil diklasifikasikan dengan benar. Nilai *precision* sebesar 92,55% menunjukkan tingkat ketepatan model dalam memprediksi kelas *Smoking*, sedangkan nilai *recall* sebesar 96,67% mengindikasikan kemampuan model yang sangat baik dalam mendeteksi seluruh data yang benar-benar termasuk dalam kelas tersebut. Selain itu, nilai *F1-score* sebesar 94,57% menunjukkan keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*. Nilai AP yang mencapai 98,72% semakin memperkuat bahwa model memiliki performa klasifikasi yang sangat optimal.

3.3 Hasil Implementasi dan Pengujian Model

3.3.1 Deteksi Gambar

Pengujian sistem secara *real-time* dilakukan menggunakan kamera untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi aktivitas merokok secara langsung. Sistem memproses setiap *frame* citra yang diperoleh dari kamera

untuk mendeteksi objek menggunakan algoritma YOLO dan melakukan klasifikasi menggunakan CNN. Proses deteksi dilakukan secara berurutan mulai dari pendeteksian objek manusia hingga klasifikasi aktivitas merokok pada area yang terdeteksi. Kondisi tersebut secara *real-time* seperti Gambar 6 dan 7 berikut:



Gambar 6. Deteksi Gambar *Not Smoking*

Gambar 6 menampilkan dua gambar orang yang tidak sedang merokok. Hasil deteksi menunjukkan bahwa sistem tidak menemukan keberadaan objek rokok dalam citra, dan mengklasifikasikan seluruh gambar ke dalam kelas *Not Smoking*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali situasi normal tanpa adanya aktivitas merokok, serta tidak menghasilkan prediksi positif palsu pada gambar yang seharusnya tidak terdeteksi.



Gambar 7. Deteksi Gambar *Smoking*

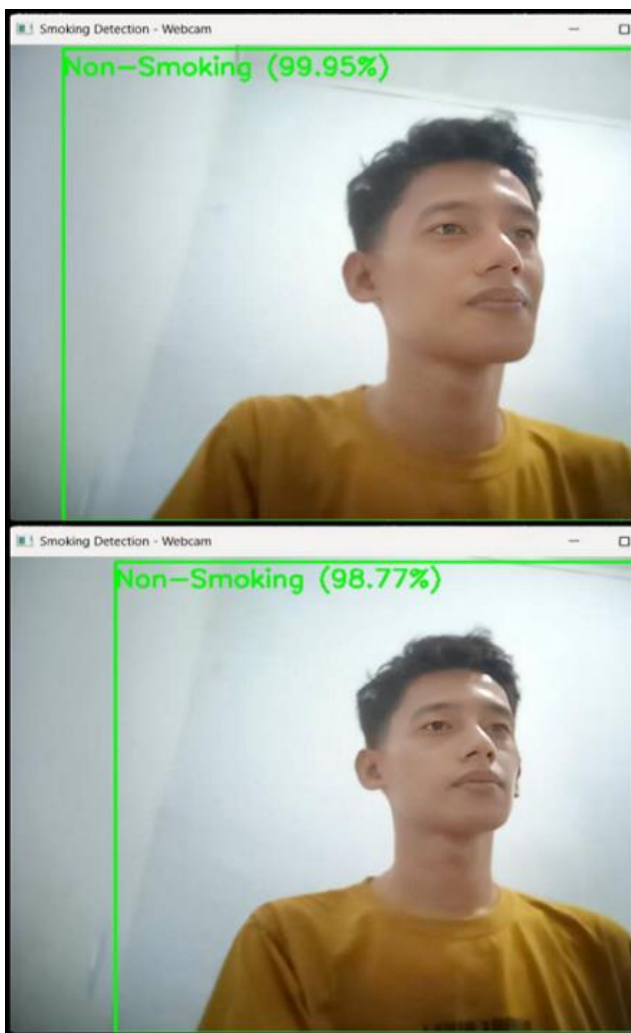
Sementara pada Gambar 7, ditampilkan dua gambar orang yang sedang merokok dengan berbagai posisi dan sudut pengambilan gambar. Sistem berhasil mendeteksi keberadaan rokok dan wajah perokok serta mengklasifikasikan seluruh gambar tersebut ke dalam kelas

Smoking. Deteksi berlangsung secara cepat dan responsif, menandakan bahwa sistem mampu mengenali ciri visual perokok meskipun terdapat variasi posisi dan ekspresi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi aktivitas merokok secara responsif pada berbagai posisi pengguna di depan kamera. Sistem juga mampu membedakan kondisi pengguna yang sedang merokok dan tidak merokok berdasarkan ciri visual yang terdeteksi. Pengujian ini menunjukkan bahwa integrasi antara YOLO dan CNN dapat digunakan sebagai pendekatan dalam membangun sistem deteksi aktivitas merokok secara otomatis.

3.3.2 Deteksi Kamera

Pengujian deteksi kamera dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam mengenali aktivitas merokok secara langsung melalui citra yang diambil dengan kamera. Pengujian ini digunakan dua *grid*, di mana masing-masing *grid* berisi dua gambar. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi konsistensi dan akurasi sistem dalam membedakan kedua kondisi tersebut dalam lingkungan nyata seperti Gambar 8 dan 9 berikut:



Gambar 8. Deteksi Kamera *Non Smoking*

Gambar 8 menunjukkan individu yang tidak sedang merokok. Sistem tidak mendeteksi keberadaan objek rokok dalam citra, dan hasil klasifikasi menyatakan keduanya sebagai *Not Smoking*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kondisi normal tanpa menghasilkan deteksi yang salah, serta tidak memberikan prediksi positif palsu terhadap gambar tanpa aktivitas merokok.



Gambar 9. Deteksi Kamera *Smoking*

Sementara itu, pada Gambar 9, dua gambar menampilkan individu yang sedang merokok dalam posisi dan sudut yang berbeda. Sistem berhasil mendeteksi keberadaan rokok dan mengklasifikasi sebagai *Smoking*. Kedua gambar dikenali dengan benar, membuktikan bahwa sistem mampu mengenali ciri-ciri visual khas aktivitas merokok, meskipun terdapat variasi pada ekspresi wajah dan arah pandangan kamera.

3.4 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan mampu mendeteksi aktivitas merokok dengan tingkat akurasi sebesar 94,44%. Nilai ini cukup tinggi dibandingkan beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan pendekatan CNN dalam deteksi perokok pada *dataset* yang lebih besar dan variasi data yang lebih

beragam. Penelitian yang dilakukan oleh Uddin dkk. [25], melaporkan akurasi sebesar 89.51% dalam mendeteksi aktivitas merokok menggunakan CNN berbasis citra.

Perbedaan hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah *dataset*, variasi kondisi citra, serta arsitektur model yang digunakan dalam proses pelatihan. Penggunaan *dataset* yang lebih besar serta penerapan teknik regularisasi tambahan berpotensi meningkatkan performa model pada penelitian selanjutnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi dan klasifikasi aktivitas merokok dengan mengintegrasikan algoritma YOLO sebagai pendeteksi objek dan CNN sebagai pengklasifikasi citra. Proses pra-pemrosesan mampu menyaring data secara efektif sehingga diperoleh *dataset* berkualitas dengan masing-masing 560 citra *valid* pada kategori *smoking* dan *not smoking*. Pelatihan model selama 26 *epoch* menghasilkan performa yang stabil dengan akurasi pelatihan sebesar 96,09% dan akurasi validasi sebesar 94,44% tanpa indikasi *overfitting* yang signifikan. Evaluasi model menunjukkan hasil yang sangat baik dengan nilai *accuracy* 94,44%, *precision* 92,55%, *recall* 96,67%, *F1-score* 94,57%, serta AP 98,72%. Pengujian secara *real-time* melalui kamera juga menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan aktivitas merokok dengan baik pada berbagai kondisi, sehingga sistem dinilai efektif sebagai solusi deteksi otomatis berbasis citra.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian pada lingkungan yang lebih beragam dengan variasi pencahayaan, latar belakang, dan jumlah objek yang lebih kompleks agar model menjadi lebih *robust*. Pengembangan metode juga dapat dilakukan dengan menambahkan teknik augmentasi data, penggunaan arsitektur model yang lebih ringan untuk implementasi *real-time* yang lebih efisien, serta integrasi dengan sistem notifikasi atau *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mendukung penerapan pada kawasan tanpa rokok secara lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Hidayat, "Identifikasi Morfologi Citra Daging Menggunakan Teknik Pengolahan Citra Digital," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 1, pp. 1580–1586, 2025, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v9i1.12285>.
- [2] M. R. Pratama and I. F. Hanif, "Implementasi Metode Canny dalam Deteksi Tepi Pada Aplikasi Omr (Optical Mark Recognition) Menggunakan Pengembangan Sistem Waterfall," *Edunity Kajian Ilmu Sosial dan Pendidikan*, vol. 2, no. 2, pp. 267–283, 2023, doi: <https://doi.org/10.51178/edunity.v2i2.1194>.
- [3] N. Siagian, "Perancangan Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Penajaman Sisi Citra Hasil Fingerprint Menggunakan Metode Fourier Phase Only Synthesis," *Jurnal Ilmu Komputer, Teknologi Dan Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 66–75, 2023, doi: <https://doi.org/10.62866/jurikti.v1i2.41>.
- [4] N. A. Gunarsih, S. Wiyono, and D. I. Af'idah, "Aplikasi Deteksi Pelanggaran Merokok di Tempat Larangan Merokok," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 10, no. 3, pp. 351–358, 2024, doi: <https://doi.org/10.33795/jip.v10i3.1558>.
- [5] A. Usman, "Makna Merokok bagi Wanita: Studi Fenomenologi pada Mahasiswi Perokok," *RESIPROKAL: Jurnal Riset Sosiologi Progresif Aktual*, vol. 6, no. 1, pp. 38–51, 2024, doi: <https://doi.org/10.35508/resiprokal.v6i1.14481>.
- [6] A. D. Qanitha, C. Winata, E. Husnita, T. S. A. Zahra, A. Alrefi, and A. Akbari, "Konsep Diri Perokok Studi Kasus Pada Mahasiswa X Di Sumatera Selatan," *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, vol. 2, no. 6, pp. 49–56, 2024, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jipm.2024.002.06.07>.
- [7] M. A. Kamil and Y. M. Djaksana, "Perbandingan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) Dan Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Deteksi Wajah," *Jurnal Intelek Insan Cendikia*, vol. 1, no. 9, pp. 4866–4876, 2024, doi: <https://doi.org/10.37373/jintel.v1i9.1124>.
- [8] O. Wynne *et al.*, "Signs, Fines and Compliance Officers: A Systematic Review of Strategies for Enforcing Smoke-Free Policy," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, p. 1386, Jul. 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071386>.
- [9] R. Dijaya and H. Setiawan, "Buku Ajar Pengolahan Citra Digital," *Umsida Press*, pp. 1–85, 2023, doi: <https://doi.org/10.21070/2023/978-623-464-061-0>.
- [10] Y. Yuhandri, A. Ramadhanu, and H. Syahputra, "Pengenalan Teknologi Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing) Untuk Santri Di Rahmatan Lil'Alamin International Islamic Boarding School," *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 3, no. 2, pp. 1239–1244, 2022, doi: <https://doi.org/10.31004/cdj.v3i2.4933>.
- [11] M. Muhtadii and H. A. Tawakal, "Pengembangan Aplikasi Android Untuk Pengenalan Citra Nomor Sertifikat Halal Mui Dengan Library Tesseract Optical Character Recognition (Ocr)," *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 2, no. 2, 2016, doi: <https://doi.org/10.15408/jtit.v2i2.3115>.

- [12] A. Chairi and R. Mukhaiyar, "Sistem Kontrol Color Sorting Machine Dengan Pengolahan Citra Digital," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 387–396, 2023, doi: <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.353>.
- [13] A. Wijaya, B. R. Daryono, R. Toyib, and Y. Apridiansyah, "Analisis Pengenalan Pola Pada Citra Digital Untuk Prediksi Berat Buah Sawit," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 3, pp. 713–724, 2024, doi: <https://doi.org/10.33510/decode.v4i3.364>.
- [14] J. H. Cho, "Detection of smoking in indoor environment using machine learning," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 24, pp. 1–17, Dec. 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/app10248912>.
- [15] F. Ramadhani, A. Satria, and S. Dewi, "Identifikasi kendaraan bermotor pada dashcam mobil menggunakan algoritma YOLO," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 199–206, 2024, doi: <https://doi.org/10.53697/hw.v2i4.1032>.
- [16] I. M. D. Maleh, R. Teguh, A. S. Sahay, S. Okta, and M. P. Pratama, "Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Object Detection Sarang Orang Utan," *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.30865/jurikom.v10i1.5583>.
- [17] M. Y. A. Thoriq, I. A. Siradjuddin, and K. E. Permana, "Deteksi Wajah Manusia Berbasis One Stage Detector Menggunakan Metode You Only Look Once (YOLO)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 17, no. 1, pp. 66–73, 2023, doi: <https://doi.org/10.33365/jti.v17i1.2335>.
- [18] M. D. Alwi, I. S. Pradjojowaty, and T. Arifianto, "Penerapan Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Mendeteksi Sarana Perkeretaapian," *SPIRIT*, vol. 16, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.31294/spirit.v16i2.23847>.
- [19] P. Guarnido-Lopez, J. F. Ramirez-Agudelo, E. Denimal, and M. Benaouda, "Programming and Setting Up the Object Detection Algorithm YOLO to Determine Feeding Activities of Beef Cattle: A Comparison between YOLOv8m and YOLOv10m," *Animals*, vol. 14, no. 19, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/ani14192821>.
- [20] R. A. Mas'ud and J. Zeniarja, "Optimasi Convolutional Neural Networks untuk Deteksi Kanker Payudara menggunakan Arsitektur DenseNet," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 310–318, 2024, doi: <https://doi.org/10.29408/edumatic.v8i1.25199>.
- [21] I. Wirabowo and I. Susilawati, "Implementasi Convolution Neural Network (CNN) untuk Deteksi Penyakit pada Daun Jagung Berbasis Citra Digital," *Jurnal Pustaka Data (Pusat Akses Kajian Database, Analisa Teknologi, dan Arsitektur Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 233–241, 2025, doi: <https://doi.org/10.46961/pustakadata.v5i1.1278>.
- [22] D. Y. Armanto, S. A. Hudjimartsu, and E. Hermawan, "Identifikasi Perhitungan Pohon Kelapa Sawit Otomatis Dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 3, pp. 2648–2654, 2024, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.10058>.
- [23] A. N. Mianah and F. A. Fiolana, "Klasifikasi Helm Keselamatan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Journal Zetroem*, vol. 5, no. 2, pp. 94–102, 2023, doi: <https://doi.org/10.36526/ztr.v5i2.3023>.
- [24] A. A. Santosa, R. Y. N. Fu'adah, and S. Rizal, "Deteksi Penyakit pada Tanaman Padi Menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Convolutional Neural Network," *Journal Of Electrical And System Control Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 98–108, Feb. 2023, doi: <https://doi.org/10.31289/jesce.v6i2.7930>.
- [25] M. S. Uddin, "CigaretteCNN: A Convolutional Neural Network for Detecting Cigarette Smoking Activity," in *International Conference on Engineering, Applied Sciences and System Modeling*, Singapore: Springer, 2017, pp. 259–274, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-99-8438-1_19.
- [26] A. Gevindo and B. Hendrik, "Penerapan Machine Learning Untuk Mendeteksi Serangan Anomali Dalam Jaringan Komputer: Systematic Literature Review," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 3, pp. 4659–4664, 2025, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13746>.
- [27] Y. D. P. Rangga *et al.*, "Edukasi Bahaya Merokok Pada Tingkat Pengetahuan Masyarakat Di Dusun Lewomudat Desa Waipaar," *PAKDEMAs: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 21–24, 2024, doi: <https://doi.org/10.58222/pakdemas.v4i1.272>.
- [28] D. I. Mulyana and R. F. Putra, "Optimasi deteksi objek dengan segmentasi dan data augmentasi pada hewan siput beracun menggunakan algoritma YOLO," *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.35870/jtik.v8i1.1391>.

- [29] W. H. S. Pesik, S. Mamuya, A. N. Putra, and E. Mulyaman, "Implementasi YOLOv8 untuk Deteksi dan Hitung Objek Manusia dengan Convolutional Neural Network," *Buffer Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 16–26, 2025, doi: <https://doi.org/10.25134/buffer.v11i1.356>.
- [30] Q. A'yuni and B. Hendrik, "Literature Review: Analisis Komparatif Algoritma CNN, KNN, dan SVM untuk Klasifikasi Penyakit Kelapa Sawit," *Journal of Education Research*, vol. 5, no. 4, pp. 6589–6596, 2024, doi: <https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.1983>.
- [31] F. T. Hidayat and A. K. Whardana, "Deteksi Pelanggaran Sepeda Motor Menggunakan Algoritma YOLO Dan Mean Average Precision," *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 8, no. 1, pp. 71–79, 2024, doi: <https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v8i1.401>.



SISTEM PAKAR UNTUK DIAGNOSIS *ACNE VULGARIS* DAN TINGKAT KEPARAHANNYA BERBASIS WEB MENGGUNAKAN METODE *CERTAINTY FACTOR*

Azwa Guntara¹, Jesika Citra Ayu²

^{1,2} Teknik Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia
Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia 20374
azwa1375@gmail.com, jesica62825@gmail.com

Abstract

Acne vulgaris is a polymorphic skin disease with various clinical manifestations that can affect both the physical and psychological conditions of sufferers. Limited public knowledge and access to dermatological healthcare services have increased the need for an easily accessible early diagnostic support system. Previous studies have generally focused on identifying types of acne without integrating severity classification as part of the system output, resulting in limited information provided. This study aims to develop a web-based expert system using the Certainty Factor (CF) method that not only identifies types of acne vulgaris but also determines their severity levels. The system's knowledge base consists of six types of acne, three levels of severity, and 24 symptoms obtained through literature review and expert consultation. The inference mechanism is carried out by calculating the CF value for each symptom based on the multiplication of expert confidence values (MB–MD) and user confidence levels, followed by combining multiple CF values using the CF Combine formula to obtain the final CF value for each type of acne. The diagnosis is determined based on the highest CF value obtained. The results of Black Box Testing indicate that all system functions operate as expected. Usability evaluation using the System Usability Scale (SUS) yielded an average score of 75.25, which falls into the acceptable category with a grade B (Good), indicating that the system is well accepted by users. This system is expected to serve as a supporting tool in obtaining preliminary information about acne conditions in a fast, accessible, and accurate manner.

Keywords: *Acne Vulgaris, Certainty Factor, Diagnosis, Expert System, Website.*

Abstrak

Acne vulgaris merupakan salah satu penyakit kulit yang bersifat polimorfik dengan berbagai manifestasi klinis yang dapat memengaruhi kondisi fisik dan psikologis penderitanya. Keterbatasan pengetahuan dan akses terhadap layanan kesehatan kulit menyebabkan perlunya sistem pendukung diagnosis awal yang mudah diakses. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada identifikasi jenis jerawat tanpa mengintegrasikan penentuan tingkat keparahan sebagai bagian dari hasil sistem, sehingga informasi yang dihasilkan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis web menggunakan metode *Certainty Factor* (CF) yang tidak hanya mengidentifikasi jenis *acne vulgaris*, tetapi juga menentukan tingkat keparahannya. Basis pengetahuan sistem mencakup 6 jenis jerawat, 3 tingkat keparahan, dan 24 gejala yang diperoleh melalui studi literatur dan konsultasi pakar. Mekanisme inferensi dilakukan dengan menghitung nilai CF setiap gejala dari hasil perkalian antara nilai keyakinan pakar (MB–MD) dan tingkat keyakinan pengguna, kemudian menggabungkan beberapa nilai CF menggunakan rumus *CF Combine* untuk memperoleh nilai akhir pada setiap jenis jerawat. Diagnosis ditentukan berdasarkan nilai CF tertinggi yang dihasilkan. Hasil pengujian *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik. Evaluasi *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) memperoleh nilai rata-rata sebesar 75,25 yang termasuk dalam kategori *acceptable* dengan *grade B (Good)*, sehingga sistem dapat diterima oleh pengguna. Sistem ini diharapkan dapat menjadi sarana pendukung dalam memperoleh informasi awal mengenai kondisi jerawat secara cepat, mudah, dan akurat.

Kata kunci: *Certainty Factor, Diagnosis, Jerawat Wajah, Sistem Pakar, Website.*

1. PENDAHULUAN

Acne vulgaris merupakan penyakit kulit yang bersifat polimorfik karena memiliki berbagai bentuk manifestasi

klinis, mulai dari komedo, papula, pustula, nodul, hingga kista, yang dapat muncul secara bersamaan maupun terpisah pada setiap individu [1]. Berdasarkan karakteristik

klinisnya, jerawat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu jerawat *non-inflamasi* dan jerawat inflamasi. Jerawat *non-inflamasi* meliputi *blackhead* dan *whitehead*, sedangkan jerawat inflamasi terdiri atas papul, pustul, nodul, dan kistik. Jenis-jenis jerawat tersebut dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan menjadi jerawat ringan, sedang, dan berat [2].

Berdasarkan studi kasus yang dilaporkan oleh *British Association of Dermatologists*, prevalensi kejadian *acne vulgaris* (AV) paling tinggi ditemukan pada kelompok usia remaja. Sebanyak 52% kasus terjadi pada perempuan dan 48% pada laki-laki yang berusia di atas 10 tahun atau telah memasuki masa pubertas. Sama halnya dengan catatan data dari Dermatologi Kosmetika Indonesia menunjukkan bahwa prevalensi AV cenderung mengalami peningkatan setiap tahun. Rata-rata kejadian pada perempuan mencapai 83–85% dengan puncak usia antara 14–17 tahun, sedangkan pada laki-laki berkisar antara 95–100% pada rentang usia 16–19 tahun [3].

Jerawat tidak hanya berdampak pada penampilan fisik, tetapi juga dapat memengaruhi kondisi psikologis penderitanya, mulai dari tingkat ringan hingga berat. Kondisi ini turut diperparah oleh fenomena *acne shaming* yang kerap dialami oleh individu dengan kulit berjerawat. *Acne shaming* merupakan bentuk perlakuan negatif, baik melalui kata-kata maupun perilaku tanpa kata, yang ditujukan kepada seseorang akibat kondisi jerawat yang dimilikinya [4].

Rendahnya tingkat kesadaran penderita jerawat dalam melakukan penanganan yang tepat dipengaruhi oleh keterbatasan pengetahuan mengenai karakteristik dan penanganan jerawat, serta kendala biaya yang menghambat akses terhadap konsultasi dengan dokter spesialis kulit [5]. Pada kenyataannya, proses konsultasi tersebut juga masih menghadapi berbagai hambatan lain, seperti keterbatasan waktu, akses layanan, dan minimnya pemahaman masyarakat mengenai jenis-jenis jerawat. Akibatnya, banyak penderita melakukan penanganan secara mandiri tanpa pemahaman yang memadai, sehingga berisiko memilih perawatan yang tidak sesuai. Kondisi ini menunjukkan perlunya suatu sistem yang dapat membantu proses diagnosis awal secara cepat, mudah diakses, dan mampu memberikan informasi awal yang mendekati pengetahuan pakar [6].

Salah satu pendekatan kecerdasan buatan yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan tersebut ialah sistem pakar. Sistem pakar merupakan bidang dalam kecerdasan buatan yang dikembangkan untuk memodelkan pengetahuan serta cara berpikir seorang pakar ke dalam program komputer, sehingga sistem mampu menghasilkan keputusan atau kesimpulan terhadap suatu masalah tertentu. Dalam permasalahan diagnosis awal *acne vulgaris*, sistem pakar dinilai relevan karena mampu memetakan hubungan antara gejala yang dipilih pengguna dengan kemungkinan

jenis jerawat yang diderita. Namun, permasalahan diagnosis jerawat mengandung unsur ketidakpastian karena gejala yang muncul tidak selalu sama pada setiap individu dan tingkat keyakinan pengguna dalam mengenali gejala juga dapat berbeda-beda [7].

Untuk menangani ketidakpastian tersebut, metode *Certainty Factor* (CF) dapat digunakan sebagai pendekatan inferensi. Metode *Certainty Factor* memungkinkan sistem mengakomodasi tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara gejala dan diagnosis, serta tingkat keyakinan pengguna saat memilih gejala yang dialami. Walaupun begitu, hasil diagnosis tidak hanya berupa keputusan akhir, tetapi juga disertai nilai keyakinan yang menunjukkan tingkat kepastian sistem terhadap hasil tersebut. Karakteristik ini menjadikan metode *Certainty Factor* sesuai untuk diterapkan pada sistem pakar diagnosis awal *acne vulgaris* [8] [9].

Penelitian tentang sistem pakar dengan metode *Certainty Factor* telah dilakukan oleh beberapa peneliti. [4] mengembangkan sistem pakar untuk diagnosis jenis jerawat dengan menerapkan metode *Certainty Factor* dan mesin inferensi *forward chaining*. Penelitian tersebut mengidentifikasi 4 jenis *acne* berdasarkan 11 gejala serta memberikan rekomendasi penanganan dini sesuai dengan gejala yang dimasukkan pengguna ke dalam sistem. Hasil pengujian menggunakan *blackbox testing* menunjukkan tingkat persetujuan pengguna sebesar 84,4%, sehingga sistem dinilai cukup efektif dan bermanfaat dalam mendukung proses diagnosis dini jenis jerawat.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh [10] melalui pengembangan sistem pakar diagnosa penyakit jerawat di wajah berbasis web dengan metode *Certainty Factor*. Basis pengetahuan dalam penelitian tersebut diperoleh melalui wawancara dengan dokter spesialis dan studi pustaka, serta sistem dikembangkan menggunakan model *Waterfall*. Penelitian tersebut mencakup 5 jenis *acne* dengan 13 gejala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan diagnosis dengan tingkat keyakinan tertinggi sebesar 99,3448%, yang menunjukkan bahwa metode *Certainty Factor* dapat digunakan untuk mendukung proses diagnosis awal jerawat berdasarkan gejala yang dipilih pengguna.

Kedua penelitian terdahulu tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, karena masih berfokus pada identifikasi jenis jerawat tanpa mengintegrasikan penentuan tingkat keparahan jerawat sebagai keluaran utama sistem. Selain itu, jumlah jenis jerawat dan gejala yang digunakan masih relatif terbatas, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan variasi manifestasi klinis *acne vulgaris*. Penelitian terdahulu juga umumnya menitikberatkan pada hasil diagnosis dan saran penanganan, namun belum secara khusus mengaitkan jenis jerawat yang teridentifikasi dengan tingkat keparahannya sebagai dasar pertimbangan tindakan awal.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pakar diagnosis awal *acne vulgaris* berbasis web menggunakan metode *Certainty Factor*. Kebaruan penelitian ini terletak pada kemampuan sistem untuk tidak hanya mengidentifikasi jenis jerawat, tetapi juga menentukan tingkat keparahan jerawat berdasarkan jenis jerawat yang terdeteksi. Penelitian ini menggunakan basis pengetahuan yang lebih rinci, yaitu mencakup 6 jenis jerawat dan 24 gejala dengan 3 tingkat keparahan, sehingga diharapkan dapat merepresentasikan kondisi *acne vulgaris* secara lebih komprehensif. Sistem yang dikembangkan juga dirancang untuk memberikan saran awal kepada pengguna sebagai bentuk dukungan informasi sebelum melakukan konsultasi lanjutan dengan tenaga ahli.

Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem pakar berbasis web yang mampu melakukan diagnosis awal jenis *acne vulgaris*, menentukan tingkat keparahannya menggunakan metode *certainty factor*, serta memberikan saran awal penanganan berdasarkan gejala yang dimasukkan ke sistem oleh pengguna. Penelitian ini diharapkan menjadi sarana informasi yang mudah diakses bagi masyarakat dalam mengenali kondisi jerawat sejak dini. Cakupan sistem dibatasi pada penentuan jenis jerawat berdasarkan perhitungan *CF Combine* antara nilai keyakinan pakar dan pengguna, serta penentuan tingkat keparahan berdasarkan jenis jerawat yang teridentifikasi, bukan berdasarkan jumlah jenis jerawat yang dialami.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Certainty Factor*. Data diperoleh dari wawancara pakar oleh dr. Amanda Putri, serta kajian literatur. Sedangkan pengembangan sistemnya menggunakan model *waterfall*, yang dimulai dari tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian sistem [11]. Studi ini, sistem pakar digunakan untuk mendiagnosis *acne vulgaris* berdasarkan gejala yang dialami pengguna [12].

2.1 Metode pengumpulan data

Data penelitian dikumpulkan melalui wawancara serta kajian literatur. Wawancara dilakukan melalui *platform* aplikasi Alodoc, untuk memahami basis pengetahuan dari pakar. Wawancara dilakukan dengan satu narasumber, yaitu dr. Amanda Putri, guna menggali nilai CF Pakar dari setiap gejala. Pengetahuan yang diperoleh dari pakar meliputi:

- Tingkat keyakinan terhadap masing-masing gejala.
- Tingkat keparahan jerawat.

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari jurnal-jurnal ilmiah, artikel, dan referensi teknis dari buku-buku yang membahas topik serupa sebagai dasar konseptual dalam pengembangan sistem [13].

2.2 Tahapan penelitian

Gambar 1 di bawah adalah alur penelitian yang dilakukan:



Gambar 1. Tahap Penelitian

Gambar 1 menggambarkan alur pada penelitian ini, yang meliputi menentukan topik, dilanjutkan dengan studi literatur, yang bertujuan untuk memperkuat dasar ilmiah penelitian. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data, data dikumpulkan melalui wawancara. Setelah data terkumpul, penelitian memasuki tahap perancangan sistem yang mencakup struktur sistem, dan alur proses. Tahap selanjutnya adalah implementasi sistem, yaitu proses merealisasikan rancangan yang telah dibuat ke dalam bentuk sistem yang dapat digunakan.

2.3 Metode *Certainty Factor*

Faktor kepastian pada CF merepresentasikan tingkat keyakinan terhadap suatu kejadian, baik berupa bukti maupun hipotesis, yang didasarkan pada penilaian pakar [14]. Keterangan nilai pada CF dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Keterangan Nilai CF

No	Keterangan	Nilai CF
1	Sangat Yakin	1
2	Yakin	0,8
3	Cukup Yakin	0,6
4	Kurang Yakin	0,4
5	Tidak Tahu	0,2
6	Tidak	0

Rumus untuk menghitung CF yaitu [15] :

$$CF_{h,e} = MB_{h,e} - MD_{h,e}$$

Keterangan:

CF = Tingkat keyakinan

MB = Derajat keyakinan pada suatu gejala, yang dinyatakan dalam skala nilai 0 sampai 1

MD = Derajat ketidakpastian terhadap suatu gejala, yang dinyatakan dalam skala nilai 0 sampai 1

Berikut perhitungan rumus $CF_{Combine}$:

$$CF_{gejala} = CF_{pakar} \times CF_{user}$$

$$CF_{combine}(CF1, CF2) = CF_{old} + CF_{gejala}(1 - CF_{old})$$

Jika terdapat 3 gejala:

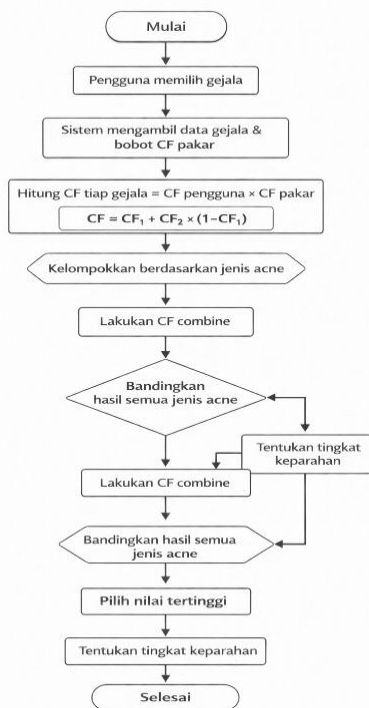
$$CF_{old1} = CF_1 + CF_2(1 - CF_1)$$

$$CF_{old2} = CF_{old1} + CF_3(1 - CF_{old1})$$

Untuk mengubah hasil CF menjadi presentasi:

$$CF_{persentase} = CF_{combine} * 100\%$$

Untuk mempermudah pemahaman terhadap tahapan perhitungan metode *Certainty Factor* yang diterapkan pada sistem, maka alur proses diagnosis divisualisasikan dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Perhitungan Metode CF

Flowchart tersebut menggambarkan alur proses diagnosis pada sistem pakar *acne vulgaris* dengan metode *Certainty Factor* (CF). Proses dimulai dari pemilihan gejala oleh pengguna, kemudian sistem mengambil bobot CF pakar dari basis pengetahuan dan menghitung nilai CF untuk setiap gejala berdasarkan tingkat keyakinan pengguna dan pakar. Nilai CF tersebut selanjutnya dikelompokkan berdasarkan jenis *acne* dan dikombinasikan menggunakan rumus *CF combine* untuk memperoleh nilai kepastian akhir tiap jenis *acne*. Hasil seluruh jenis *acne* kemudian dibandingkan untuk menentukan nilai tertinggi sebagai diagnosis utama. Berdasarkan hasil tersebut, sistem selanjutnya menampilkan hasil diagnosis beserta persentase perhitungannya, dan kemudian menentukan tingkat keparahan jerawatnya berdasarkan hasil diagnosa.

2.4 Gambaran Umum Sistem

a. Use Case Diagram

Use case diagram digunakan sebagai tahapan awal dalam pemodelan UML untuk merepresentasikan hubungan interaksi antara pengguna dan sistem [16]. Berikut Gambar 3 yang merupakan interaksi antar admin dan pengguna.

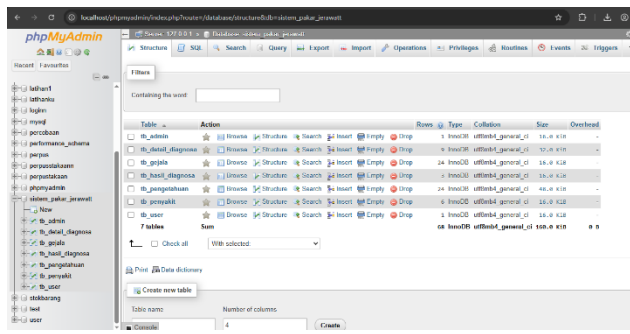


Gambar 3. Use Case Diagram

Gambar 3 menggambarkan bagaimana aktor saling berinteraksi dengan sistem, yang masing-masing memiliki hak akses dan fungsi yang berbeda sesuai dengan perannya.

b. Rancangan Basis Data

Database adalah sekumpulan informasi atau data yang disusun secara terstruktur dan terorganisir sehingga dapat diakses, dikelola, serta diperbarui dengan mudah menggunakan sistem komputer [17]. Rancangan basis data menggunakan phpMyAdmin dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rancangan Database

Basis data dirancang dan dikelola melalui phpMyAdmin pada lingkungan server lokal untuk mendukung penyimpanan data sistem [18].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan adalah data atau informasi kebutuhan yang sudah dilakukan [19]. Basis pengetahuan berguna sebagai dasar data bagi sistem untuk menyimpulkan suatu permasalahan [20]. Basis pengetahuan dalam penelitian ini dibatasi pada 24 gejala dan 6 jenis jerawat. Pembatasan ini dilakukan untuk menyesuaikan ruang lingkup penelitian pada pengembangan sistem diagnosis awal yang fokus pada jenis jerawat yang paling umum ditemukan. Penulis menyadari bahwa manifestasi klinis *acne vulgaris* dalam praktik medis dapat lebih kompleks, sehingga pengembangan basis pengetahuan yang lebih luas masih diperlukan pada penelitian selanjutnya.

Penentuan nilai *measure of belief* (MB) dan *measure of disbelief* (MD) dilakukan melalui konsultasi daring dengan pakar, yaitu dr. Amanda Putri. Proses ini menunjukkan bahwa nilai keyakinan pada sistem tidak ditetapkan secara subjektif oleh peneliti, tetapi didasarkan pada pertimbangan pakar yang memahami hubungan antara gejala dan jenis jerawat. Daftar gejala dan jenis jerawat yang telah disusun dari studi pustaka selanjutnya divalidasi melalui penilaian pakar menggunakan skala likert. Hasil penilaian tersebut menjadi dasar dalam perhitungan *Certainty Factor*, sehingga kualitas inferensi sistem sangat dipengaruhi oleh ketepatan proses akuisisi basis pengetahuan. Basis pengetahuan pakar bisa dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Basis Pengetahuan Pakar

Kode Gejala	Kode Acne	Deskripsi Gejala	MB	MD	Nilai CF
G01	A01	Terdapat bintik kecil berwarna hitam pada permukaan kulit.	0.9	0.1	0.8
G02	A01	Pori-pori kulit tampak membesar dan terbuka	0.8	0.2	0.6

Kode Gejala	Kode Acne	Deskripsi Gejala	MB	MD	Nilai CF
G03	A01	Tidak disertai rasa nyeri atau peradangan	0.8	0.4	0.6
G04	A01	Umumnya muncul pada area hidung, dahi, dan dagu	0.4	0.4	0
G05	A02	Muncul benjolan kecil berwarna putih atau sewarna kulit	0.9	0.1	0.8
G06	A02	Pori-pori tersumbat namun tertutup oleh kulit	0.8	0.2	0.6
G07	A02	Tidak menimbulkan rasa nyeri	0.7	0.2	0.5
G08	A02	Umumnya muncul di wajah dan dagu	0.6	0.3	0.3
G09	A03	Benjolan kecil berwarna kemerahan	0.9	0.1	0.8
G10	A03	Terasa nyeri saat disentuh	0.8	0.2	0.6
G11	A03	Tidak mengandung nanah	0.7	0.2	0.5
G12	A03	Menunjukkan adanya peradangan pada kulit	0.8	0.1	0.7
G13	A04	Benjolan merah dengan puncak berwarna putih atau kuning	0.9	0.1	0.8
G14	A04	Mengandung nanah	1	0	1
G15	A04	Terasa nyeri dan meradang	0.8	0.2	0.6
G16	A04	Berpotensi meninggalkan bekas jerawat	0.7	0.2	0.5
G17	A05	Benjolan besar dan keras di bawah kulit	0.9	0.1	0.8
G18	A05	Terasa sangat nyeri	0.8	0.2	0.6
G19	A05	Tidak memiliki puncak nanah yang jelas	0.7	0.2	0.5
G20	A05	Berpotensi menyebabkan jaringan parut permanen	0.8	0.1	0.7

Kode Gejala	Kode Acne	Deskripsi Gejala	MB	MD	Nilai CF
G21	A06	Benjolan besar berisi cairan atau nanah di bawah kulit	0.9	0.1	0.8
G22	A06	Nyeri hebat dan peradangan luas	0.8	0.2	0.6
G23	A06	Ukuran jerawat relatif besar dan lunak	0.7	0.2	0.5
G24	A06	Sangat berpotensi meninggalkan bekas luka permanen	0.8	0.1	0.7

Tabel 2 merupakan aturan diagnosis yang digunakan dalam sistem, yang disusun berdasarkan hasil studi pustaka dan konsultasi dengan pakar. Studi ini menggunakan 6 jenis *acne vulgaris*, yang bisa dilihat pada tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Jenis *Acne Vulgaris*

K. Acne	Jenis Acne	Tingkat Keparahan
A01	<i>Blackheads</i>	Rendah
A02	<i>Whiteheads</i>	Rendah
A03	Papula	Sedang
A04	Pustula	Sedang
A05	Nodul	Berat/Parah
A06	Kistik	Berat/Parah

Tabel 3 merupakan pendeskripsian kode *acne* dari jenis *acne vulgaris* yang dibahas pada penelitian ini. Pada 6 jerawat tersebut dapat dikategorikan menjadi 3 tingkat keparahan yaitu ringan, sedang, dan berat. Untuk keterangan lebih lanjut bisa dilihat pada Gambar 5 berikut.

Grade	Description
0 – Clear	No lesions to barely noticeable ones; very few scattered comedones and papules
1 – Almost clear	Hardly visible from 2.5 m away; few scattered comedones and few small papules; very few pustules, comedones and papules
2 – Mild	Easily recognisable; less than half of the affected area is involved; many comedones, papules and pustules
3 – Moderate	More than half of the affected area is involved; numerous comedones, papules and pustules
4 – Severe	Entire area is involved; covered with comedones, numerous pustules and papules, a few nodules and cysts
5 – Very severe	Highly inflammatory acne covering the affected area, nodules and cysts present

Reproduced with permission from Dr Jerry Tan.

Gambar 5. Grade Keparahan *Acne Vulgaris*

Gambar 5 merupakan tingkat keparahan *acne vulgaris* dan penjelasannya. Data ini diperoleh dari dr. Amanda Putri.

3.2 Perhitungan *Certainty Factor*

Berdasarkan hasil konsultasi pengguna, diperoleh data awal berupa gejala pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Gejala Pengguna

Kode Gejala	Nama Gejala	Keyakinan User	CF User
G13	Benjolan merah dengan puncak berwarna putih atau kuning.	Cukup Yakin	0.6
G15	Terasa nyeri dan meradang.	Cukup Yakin	0.6
G16	Berpotensi meninggalkan bekas jerawat	Cukup Yakin	0.6

Setiap gejala diberikan nilai keyakinan pengguna (*CF User*) yang merepresentasikan tingkat kepercayaan pengguna terhadap gejala yang dialami. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai salah satu komponen dalam proses perhitungan *Certainty Factor*.

Tabel 5. Nilai CF Pakar

K.Penyakit	K.Gejala	CF Pakar
A04	G13	0.8
A04	G15	0.6
A04	G16	0.4

Tabel 5 menunjukkan nilai *Certainty Factor* dari pakar untuk setiap hubungan antara gejala dan jenis jerawat. Nilai CF pakar digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat keyakinan sistem terhadap suatu diagnosis.

Tabel 6. Perhitungan Gejala

Gejala	CF Pakar	CF User	CF Gejala
G13	0.8	0.6	0.48
G15	0.6	0.6	0.36
G16	0.4	0.6	0.24

Tabel 6 menampilkan hasil perhitungan nilai CF untuk masing-masing gejala yang diperoleh dari perkalian antara nilai CF pakar dan CF pengguna. Nilai ini menjadi langkah awal dalam proses penggabungan (*CF Combine*) untuk menentukan nilai keyakinan akhir pada setiap jenis jerawat.

Karena *rule* memiliki lebih dari satu gejala, maka nilai CF harus dikombinasikan secara bertahap.

Kombinasi CF G13 dan G15

$$CF_{combine} = CF_1 + CF_2 \times (1 - CF_1)$$

$$CF_{1,2} = 0.48 + 0.36 \times (1 - 0.48)$$

$$CF_{1,2} = 0.48 + 0.19 = 0.67$$

Kombinasi CF *old* dengan G16

$$CF_{hasil} = 0.67 + 0.24 \times (1 - 0.67)$$

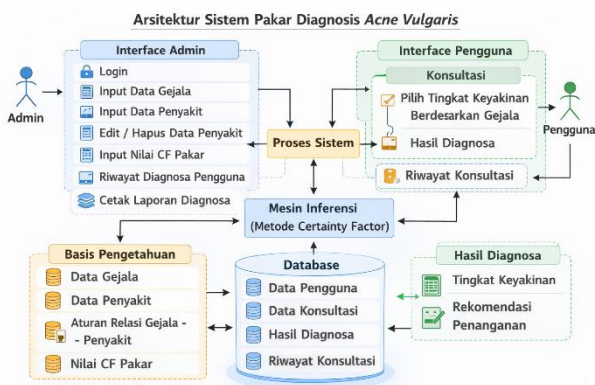
$$CF_{hasil} = 0.67 + 0.08 = 0.75$$

$$CF_{persentase} = 0.75 \times 100\% = 75\%$$

Nilai CF sebesar 75% menunjukkan tingkat keyakinan yang tinggi terhadap diagnosis *acne* tipe pustula. Hal ini disebabkan oleh dominannya gejala G13, G15, dan G16 yang memiliki bobot CF pakar dan CF pengguna yang tinggi.

3.3 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang untuk mengintegrasikan proses konsultasi, pengelolaan pengetahuan, dan penyimpanan data dalam satu mekanisme yang saling terhubung. Pembagian hak akses antara admin dan pengguna memperlihatkan adanya pemisahan fungsi yang jelas, sehingga pengelolaan data dan proses konsultasi dapat dilakukan secara terstruktur. Arsitektur sistem ditunjukkan oleh Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Arsitektur Sistem Pakar *Acne Vulgaris*

Pada sisi admin, fitur *login*, pengelolaan data gejala, data penyakit, nilai *Certainty Factor* pakar, riwayat diagnosis, dan pencetakan laporan menunjukkan bahwa admin berperan sebagai pengelola sumber pengetahuan sistem. Hal ini menandakan bahwa kualitas diagnosis yang dihasilkan tidak hanya ditentukan oleh metode inferensi yang digunakan, tetapi juga oleh kualitas data dan aturan yang dimasukkan ke dalam sistem.

Pada sisi pengguna, menu konsultasi dan riwayat konsultasi menunjukkan bahwa sistem dirancang tidak hanya untuk menghasilkan diagnosis, tetapi juga untuk mendukung akses terhadap informasi hasil konsultasi yang telah

dilakukan sebelumnya. Proses pemilihan tingkat keyakinan atas gejala yang dialami memperlihatkan bahwa sistem mengakomodasi unsur ketidakpastian dari sisi pengguna. Hal ini penting karena gejala *Acne vulgaris* sering kali memiliki kemiripan antarjenis, sehingga pendekatan berbasis keyakinan lebih relevan.

Proses sistem berfungsi sebagai penghubung antara antarmuka dan komponen inti, sedangkan mesin inferensi menjadi pusat pengolahan keputusan melalui penerapan metode *Certainty Factor*. Hubungan ini menunjukkan bahwa arsitektur sistem tidak hanya menempatkan *rule* inferensi sebagai komponen teknis, tetapi juga sebagai inti penalaran yang menerjemahkan data gejala menjadi hasil diagnosis.

Basis pengetahuan berperan sebagai sumber aturan dan nilai keyakinan pakar, sementara *database* mendukung penyimpanan data operasional dan hasil konsultasi. Keterpaduan antar komponen ini menunjukkan bahwa sistem dibangun dengan alur kerja yang sistematis, yaitu dimulai dari *input* gejala, proses *rule* pakar, hingga penyimpanan dan penyajian hasil.

Hasil diagnosis yang ditampilkan dalam bentuk jenis *Acne vulgaris*, tingkat keyakinan, tingkat keparahan, dan rekomendasi penanganan menunjukkan bahwa keluaran sistem tidak hanya bersifat informatif, tetapi juga mendukung pengguna dalam memahami kondisi awal yang dialami. Arsitektur sistem ini dapat dianalisis sebagai rancangan yang tidak hanya mendukung proses diagnosis awal secara teknis, tetapi juga memastikan bahwa pengetahuan pakar, data konsultasi, dan hasil diagnosis terkelola dalam satu struktur yang terintegrasi.

3.4 Implementasi Sistem

Pada tahap ini, seluruh komponen sistem, seperti antarmuka, proses pengolahan data, mesin inferensi, basis pengetahuan, *database*, dan keluaran hasil diagnosis, diintegrasikan agar dapat menjalankan fungsi sesuai dengan kebutuhan sistem.

No	Kode	Nama Gejala	Aksi
1	G01	Terdapat bintik kecil berwarna hitam pada permukaan kulit.	[X]
2	G02	Pori-pori kulit tampak membesar dan terbuka.	[X]
3	G03	Tidak disertai rasa nyeri atau peradangan.	[X]
4	G04	Umumnya muncul pada area hidung, dagu, dan dagu.	[X]
5	G05	Muncul bergelombang kecil berwarna putih atau berwarna kulit.	[X]
6	G06	Pori-pori tersumbat namun tertutup oleh kulit.	[X]
7	G07	Tidak menimbulkan rasa nyeri.	[X]
8	G08	Umumnya muncul di wajah dan dagu.	[X]
9	G09	Berjalan kecil berwarna kemerahan.	[X]

Gambar 7. Form Input Data Gejala

Gambar 7 menampilkan tampilan *input* data gejala yang dimanfaatkan untuk mengelola data gejala dalam sistem. Kemudian, admin dapat mengelola data penyakit seperti pada Gambar 8.

Gambar 8. *Input* Data Penyakit

Gambar 8 menampilkan *form input* data penyakit yang digunakan untuk menambah atau mengedit data penyakit dalam sistem. Admin diharuskan *input rule* pakar seperti pada Gambar 9.

No	Penyakit	Gejala	CF Pakar	Aksi
1	Blackheads	Terdapat bintik kecil berwarna hitam pada permukaan kulit.	1	[X]
2	Blackheads	Pori-pori kulit tampak membesar dan terbuka.	1	[X]
3	Blackheads	Tidak disertai rasa nyeri atau peradangan.	1	[X]
4	Blackheads	Umumnya muncul pada area hidung, dagu, dan dagu.	3	[X]
5	Whiteheads	Muncul benjolan kecil berwarna putih atau sawarna kulit.	1	[X]
6	Whiteheads	Pori-pori tersumbat namun tertutup oleh kulit.	1	[X]
7	Whiteheads	Tidak menimbulkan rasa nyeri.	1	[X]
8	Whiteheads	Umumnya muncul di wajah dan dagu.	1	[X]
9	Papula	Benjolan kecil berwarna kemerahan.	1	[X]

Gambar 9. *Input Rule* Pakar

Gambar 9 merupakan halaman *input rule* pakar yang digunakan untuk menghubungkan *rule* dan *input* nilai CF dari *rule* tersebut.

Pada sisi admin, implementasi fitur pengelolaan data gejala, penyakit, aturan, dan hasil konsultasi menunjukkan bahwa sistem memiliki mekanisme pemeliharaan pengetahuan yang menjadi dasar proses inferensi *rule*. Keberadaan fitur ini penting karena kualitas diagnosis sangat bergantung pada kelengkapan dan ketepatan basis pengetahuan yang dimasukkan ke dalam sistem.

No	Kode	Gejala yang Anda Rasakan	Tingkat Keyakinan
1	001	Terdapat bintik kecil berwarna hitam pada permukaan kulit.	-- Pilih Keyakinan --
2	002	Pori-pori kulit tampak membesar dan terbuka.	-- Pilih Keyakinan --
3	003	Tidak disertai rasa nyeri atau peradangan.	-- Pilih Keyakinan --
4	004	Umumnya muncul pada area hidung, dagu, dan dagu.	-- Pilih Keyakinan --
5	005	Muncul benjolan kecil berwarna putih atau sawarna kulit.	-- Pilih Keyakinan --
6	006	Pori-pori tersumbat namun tertutup oleh kulit.	-- Pilih Keyakinan --

Gambar 10. *Form* Konsultasi Pengguna

Gambar 10 menunjukkan *form* konsultasi pengguna. Pada *form* ini, pengguna dapat melakukan diagnosis berdasarkan gejala yang dialami serta memilih tingkat keyakinan terhadap tingkat keparahan gejala yang dirasakan [21].

Setelah *input* selesai, maka sistem akan menampilkan data diagnosa seperti yang ada pada Gambar 11 berikut.

Gambar 11. Hasil Diagnosa Pengguna

Pada sisi pengguna, fitur konsultasi memperlihatkan bahwa sistem dirancang untuk menerjemahkan gejala yang dipilih menjadi masukan yang dapat diproses secara komputasional. Masukan tersebut kemudian dicocokkan dengan basis pengetahuan untuk dihitung menggunakan metode *Certainty Factor*. Penerapan metode ini menunjukkan bahwa sistem tidak bekerja dengan keputusan biner, melainkan mempertimbangkan tingkat keyakinan dalam setiap gejala yang dipilih. Dengan pendekatan tersebut, hasil diagnosis yang dihasilkan menjadi lebih representatif terhadap kondisi pengguna karena memperhitungkan unsur ketidakpastian dalam proses penalaran.

Dengan demikian, implementasi sistem tidak hanya membuktikan bahwa rancangan dapat direalisasikan, tetapi juga menunjukkan bahwa sistem telah mampu mengakomodasi kebutuhan diagnosis awal *Acne vulgaris*, pengelolaan pengetahuan oleh admin, serta penyajian hasil yang dapat digunakan sebagai informasi pendukung bagi pengguna. Dari hasil implementasi ini dapat dipahami bahwa efektivitas sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas basis pengetahuan, ketepatan aturan, dan konsistensi penerapan metode *Certainty Factor* dalam proses inferensi.

3.5 Implementasi Metode *Certainty Factor*

Implementasi metode *Certainty Factor* pada sistem dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

- 1) Menentukan nilai *Certainty Factor* pakar untuk setiap gejala berdasarkan selisih antara nilai *measure of belief* (MB) dan *measure of disbelief* (MD).
- 2) Nilai CF pakar dikalikan dengan tingkat keyakinan pengguna terhadap gejala yang dipilih untuk memperoleh nilai CF masing-masing gejala.
- 3) Jika dalam satu jenis *acne vulgaris* terdapat lebih dari satu gejala yang terpenuhi, maka nilai CF tiap gejala dikombinasikan menggunakan rumus CF *combine* hingga diperoleh nilai CF akhir untuk jenis *acne* tersebut.

- 4) Nilai CF akhir dari setiap jenis *acne* kemudian dibandingkan, dan nilai tertinggi digunakan sebagai dasar penentuan diagnosis.

Melalui tahapan tersebut, sistem tidak hanya menghasilkan diagnosis, tetapi juga menunjukkan tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis yang diperoleh.

Metode CF memiliki beberapa keunggulan dalam penerapan sistem pakar untuk diagnosis awal *acne vulgaris*:

- 1) Mampu menangani ketidakpastian dalam proses diagnosis, mengingat satu gejala dapat muncul pada lebih dari satu jenis jerawat [22].
- 2) CF dapat memberikan nilai tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis. Hal ini memungkinkan sistem tidak hanya menghasilkan jenis jerawat, tetapi juga persentase kepastian, sehingga pengguna memperoleh informasi yang lebih komprehensif.
- 3) Mudah diimplementasikan dalam sistem pakar berbasis aturan karena menggunakan bobot keyakinan (MB dan MD) yang diperoleh dari pakar [23].
- 4) CF memungkinkan representasi pengetahuan pakar ke dalam sistem, sehingga proses penalaran dapat menyerupai cara berpikir pakar dalam mengevaluasi gejala.
- 5) Metode CF efisien dan praktis untuk aplikasi berbasis web atau konsultasi mandiri, karena proses perhitungannya sederhana dan tidak membutuhkan komputasi yang kompleks [22].

Metode CF juga memiliki beberapa keterbatasan, yaitu:

- 1) Sangat bergantung pada subjektivitas pakar dalam menentukan nilai bobot, sehingga akurasi sistem sangat

dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan yang diberikan [24].

- 2) Kualitas hasil diagnosis sangat bergantung pada kelengkapan dan keakuratan basis aturan yang disusun.
- 3) Kurang fleksibel untuk hubungan gejala yang sangat kompleks. Jika terdapat hubungan gejala yang sangat kompleks, banyak faktor penyebab, atau adanya kondisi kulit lain yang mirip dengan jerawat, maka kemampuan CF menjadi lebih terbatas [22].
- 4) Hasil diagnosis yang dihasilkan bersifat sebagai diagnosis awal dan tidak dapat menggantikan pemeriksaan klinis oleh dokter, terutama pada kasus jerawat dengan tingkat keparahan tinggi [25].
- 5) Akurasi sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas data gejala yang dimasukkan pengguna.

Maka bisa dikatakan, metode *Certainty Factor* memiliki keunggulan dalam menangani ketidakpastian dan memberikan nilai keyakinan diagnosis, namun tetap memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan, terutama terkait subjektivitas pakar, kompleksitas gejala, serta ketergantungan pada *input* pengguna pada masalah diagnosis *acne vulgaris*.

3.6 Pengujian Sistem

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan *Black Box Testing* dan *System Usability Scale* (SUS).

- a. *Black box testing* digunakan untuk menguji setiap fitur sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang.

Tabel 7. Pengujian *Blackbox*

No	Fitur Yang Diuji	Skenario Pengujian	Input	Output Yang Diharapkan	Status
1	Login Admin	Admin memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang benar	<i>Username</i> dan <i>password valid</i>	Sistem menampilkan halaman <i>dashboard</i> admin	Berhasil
2	Tambah Data Penyakit	Admin menambahkan data penyakit baru	Kode penyakit dan nama penyakit	Data penyakit tersimpan di <i>database</i>	Berhasil
3	Tambah Data Gejala	Admin menambahkan data gejala baru	Kode gejala dan nama gejala	Data gejala berhasil disimpan	Berhasil
4	Tambah Basis Pengetahuan	Admin menghubungkan penyakit dengan gejala	Pilih penyakit, gejala, dan CF pakar	Data <i>rule</i> tersimpan pada tabel basis pengetahuan	Berhasil
5	Hapus Basis Pengetahuan	Admin menghapus <i>rule</i> yang ada	Klik tombol hapus	Data <i>rule</i> terhapus dari <i>database</i>	Berhasil
6	Akses Halaman Konsultasi	Pengguna membuka halaman konsultasi	Mengakses menu konsultasi	Sistem menampilkan daftar gejala yang dapat dipilih	Berhasil
7	Proses Diagnosa	<i>User</i> memilih beberapa gejala	Gejala yang dialami	Sistem menghitung nilai CF dan menampilkan hasil diagnosis	Berhasil

No	Fitur Yang Diuji	Skenario Pengujian	Input	Output Yang Diharapkan	Status
8	Menampilkan Hasil Diagnosa	Sistem menampilkan hasil perhitungan	Data gejala yang dipilih <i>user</i>	Sistem menampilkan jenis <i>acne</i> dan tingkat keparahannya	Berhasil
9	Tampilan Informasi Penyakit	<i>User</i> melihat informasi penyakit	Klik detail penyakit	Sistem menampilkan informasi penyakit	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7 yang telah dilakukan terhadap sembilan fitur utama, seluruh fungsi sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan skenario yang telah ditentukan.

b. Pengujian SUS digunakan untuk menilai tingkat *usability* sistem berdasarkan pengalaman pengguna setelah menggunakan sistem.

Berdasarkan proses pengumpulan data yang telah dilakukan, yaitu melalui penggunaan sistem yang telah *deploy* serta penyebaran kuesioner *System Usability Scale* (SUS) yang telah diisi oleh responden, diperoleh data jawaban dari sebanyak 20 responden. Data disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Jawaban Responden

Respdn	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10
EM	5	1	4	2	4	2	5	2	5	2
NA	4	1	5	1	5	2	5	2	3	2
NS	3	2	4	2	3	2	4	2	2	2
NY	4	2	4	2	3	2	5	2	4	3
ER	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2
DS	5	1	5	1	5	1	5	1	4	1
PD	3	3	4	1	3	2	3	2	4	5
OK	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
NF	4	2	4	2	2	2	4	2	4	4
FA	5	1	5	1	5	2	4	1	4	2
AB	5	1	5	2	4	1	5	1	5	1
KV	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
NZ	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
PI	4	2	3	4	3	3	4	3	3	4
CP	4	3	4	3	4	2	4	2	4	3
ZH	4	2	5	2	4	2	4	2	2	2
IS	5	3	4	3	3	2	4	2	3	3
AG	4	1	5	2	4	2	5	1	4	1
JS	4	2	5	3	4	3	4	2	4	3
TA	5	1	1	3	5	1	5	1	5	2

Setelah data jawaban responden terkumpul, tahap berikutnya adalah melakukan analisis perhitungan berdasarkan aturan *System Usability Scale* (SUS). Untuk setiap pertanyaan bernomor ganjil, skor jawaban responden dikurangi dengan 1. Untuk pertanyaan bernomor genap, kurangi angka 5 dengan skor jawaban responden. Kemudian, seluruh skor dari pertanyaan ganjil dan genap dijumlahkan, kemudian hasilnya dikalikan dengan 2,5 [26].

Tabel 9. Total Skor Responden

Rsp dn	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10	To tal	Total x 2,5
EM	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	30	75
NA	3	4	4	4	4	3	4	3	2	3	34	85
NS	2	3	3	3	2	3	3	3	1	3	26	65
NY	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	29	72.5
ER	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	32	80
DS	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	39	97.5
PD	2	2	3	4	2	3	2	3	3	0	24	60
OK	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	75
NF	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	25	62.5
FA	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	36	90
AB	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	38	95
KV	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	75
NZ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	75
PI	3	3	2	1	2	2	3	2	2	1	21	52.5
CP	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	27	67.5
ZH	3	3	4	3	3	3	3	3	1	3	29	72.5
IS	4	2	3	2	2	3	3	3	2	2	26	65
AG	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	35	87.5
JS	3	3	4	2	3	2	3	3	3	2	28	70
TA	4	4	0	2	4	4	4	4	4	3	33	82.5
												1505

Setelah diperoleh total skor SUS sebesar 1505 yang ditunjukkan oleh Tabel 9, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai rata-rata SUS yang berada pada rentang 0–100. Tahap ini merupakan langkah akhir dalam menentukan hasil pengujian *usability*. Adapun perhitungan untuk

memperoleh nilai rata-rata skor SUS dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$X = \frac{\sum x}{n}$$

$$\text{Rata - rata skor} = \frac{1505}{20}$$

$$X = 75,25$$

Jadi, hasil akhir perhitungan menunjukkan bahwa nilai rata-rata skor SUS yang diperoleh pada sistem pakar diagnosis *acne vulgaris* adalah sebesar **75,25**. Nilai tersebut berada pada kategori *Grade B* dengan predikat **Good** (baik). Hal ini menunjukkan bahwa sistem pakar diagnosis *acne vulgaris* yang dikembangkan memiliki tingkat *usability* yang baik dan dapat diterima oleh pengguna.

Acceptability range dalam metode SUS terbagi menjadi tiga kategori, yaitu *acceptable* jika nilai skor lebih dari 70 (berada di atas rata-rata 68), *not acceptable* jika skor kurang dari 50, serta marginal untuk skor yang berada pada rentang 50 hingga 70 [26]. Dalam penelitian ini diperoleh nilai rata-rata SUS sebesar **75,25**. Berdasarkan hasil interpretasi, nilai tersebut termasuk dalam kategori *acceptable*, yang menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dengan baik oleh pengguna. Interpretasi skor SUS pada pengujian ini disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Interpretasi SUS

Skor SUS	Grade	Acceptability
75,25	B	Acceptable

Berdasarkan hasil perhitungan jawaban responden terhadap 10 pertanyaan SUS, sistem pakar ini menunjukkan nilai rata-rata yang tergolong baik. Tetapi, pengembangan dan perbaikan tetap perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas sistem di masa mendatang.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *metode Certainty Factor* dapat diterapkan pada sistem pakar diagnosis awal *acne vulgaris* untuk menghasilkan diagnosis beserta tingkat keyakinannya. Temuan ini sejalan dengan penelitian [4] dan [10] yang menunjukkan bahwa metode *Certainty Factor* efektif digunakan dalam sistem pakar diagnosis jerawat.

Penelitian oleh [4], sistem dikembangkan untuk mengidentifikasi 4 jenis *acne* berdasarkan 11 gejala dan memperoleh tingkat persetujuan pengguna sebesar 84,4%. Sementara itu, penelitian [10] menerapkan metode yang sama pada 5 jenis *acne* dan 13 gejala, dengan hasil diagnosis tertinggi mencapai 99,3448%. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa metode CF memiliki konsistensi dalam menangani ketidakpastian pada proses diagnosis berbasis gejala.

Pada penelitian ini memiliki beberapa perbedaan dibandingkan penelitian sebelumnya. Penelitian [4] dan

[10] berfokus pada identifikasi jenis jerawat serta pemberian saran penanganan awal, sedangkan penelitian ini mengembangkan sistem yang tidak hanya menentukan jenis *acne vulgaris*, tetapi juga mengklasifikasikan tingkat keparahannya. Dari sisi basis pengetahuan, penelitian ini menggunakan cakupan yang lebih luas, yaitu 6 jenis jerawat dan 24 gejala, sehingga representasi kondisi yang dimodelkan menjadi lebih rinci dibandingkan penelitian terdahulu.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan keluaran sistem yang lebih informatif melalui penambahan klasifikasi tingkat keparahan jerawat. Dengan begitu, hasil diagnosis yang dihasilkan tidak hanya terbatas pada penentuan jenis jerawat, tetapi juga memberikan gambaran mengenai tingkat kondisi yang dialami pengguna. Seperti pada penelitian terdahulu, keandalan hasil sistem tetap dipengaruhi oleh kelengkapan basis pengetahuan serta ketepatan nilai keyakinan pakar yang digunakan dalam proses inferensi.

Meskipun sistem telah mampu menghasilkan diagnosis awal beserta tingkat keyakinannya, validasi formal terhadap hasil diagnosis oleh pakar dermatologi belum dilakukan pada penelitian ini. Basis pengetahuan sistem memang disusun berdasarkan konsultasi dengan pakar, namun hasil diagnosis yang diberikan tetap diposisikan sebagai diagnosis awal berbasis pengetahuan dan bukan sebagai pengganti diagnosis klinis oleh tenaga medis profesional.

Selain itu, pembahasan terkait keamanan sistem belum dilakukan, karena fokus penelitian diarahkan pada perancangan dan implementasi fungsional sistem. Data yang dikelola, khususnya pada proses pendaftaran akun, tidak mencakup informasi sensitif seperti data finansial, identitas pribadi yang bersifat rahasia, maupun rekam medis pengguna, sehingga tingkat risiko terhadap ancaman keamanan relatif rendah.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar diagnosis *acne vulgaris* berbasis web menggunakan metode *Certainty Factor* (CF) yang mampu mengidentifikasi jenis jerawat serta menentukan tingkat keparahannya berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Metode CF terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian dengan menghasilkan nilai tingkat keyakinan pada setiap diagnosis.

Sistem yang dikembangkan menggunakan basis pengetahuan yang mencakup 6 jenis jerawat dan 24 gejala, sehingga mampu memberikan hasil diagnosis yang lebih luas. Hasil pengujian menggunakan *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sementara itu, pengujian *usability* menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) memperoleh nilai rata-rata sebesar 75,25 yang berada pada kategori *acceptable* dengan *grade B* (*Good*), yang

menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dengan baik oleh pengguna.

Meskipun sistem mampu menghasilkan diagnosis awal beserta tingkat keyakinannya, hasil yang diberikan belum melalui validasi klinis oleh pakar dermatologi dan masih bergantung pada kualitas basis pengetahuan serta *input* pengguna. Oleh karena itu, hasil diagnosis pada sistem ini diposisikan sebagai informasi awal dan tidak menggantikan diagnosis medis oleh tenaga profesional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang sudah bersedia menggunakan sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini serta meluangkan waktu untuk mengisi kuesioner. Partisipasi dan kontribusi yang diberikan sangat membantu dalam proses pengujian dan evaluasi sistem, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. H. Bae, J. H. Kwak, and M. S. Kim, "A Comprehensive Review of the Acne Grading Scale in 2023," *Ann. Dermatol.*, vol. 36, no. 2, pp. 65–73, 2024, doi: <https://doi.org/10.5021/ad.23.094>.
- [2] R. Fuad, "Diagnosis Tingkat Penyakit Kulit (Acne Vulgaris) Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. Nas. Teknol. Komput.*, vol. 2, 2022, [Online]. Available: publikasi.hawari.id/index.php/jnastek
- [3] R. Wulandari, D. N. Pravitasari, R. Indradi, and A. Nugrahandini, "Analisis Faktor Risiko Akne Vulgaris Pada Pelajar Hasil studi kasus British Association of Dermatologists , prevalensi kejadian AV Observasional Analitik dengan model penelitian," *Community Med. Public Heal. Indones. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 122–129, 2022.
- [4] Melisa, "Sistem Pakar Pendiagnosa Jenis Jerawat pada Wajah Berbasis Web Menggunakan Metode Certainty Factor," vol. 3, no. 1, pp. 79–85, 2022.
- [5] M. Y. Pusadan, R. Ardiansyah, A. Kali, and Y. Arifin, "Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Kulit Acne Vulgaris Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. FORISTEK*, vol. 13, no. 2, pp. 86–100, 2023, doi: [10.54757/fs.v14i2.320](https://doi.org/10.54757/fs.v14i2.320).
- [6] S. Taha, M. Taha, and H. Zyoud, "Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy Self-care methods use for acne treatment among health science students," *Explor. Res. Clin. Soc. Pharm.*, vol. 18, no. April, p. 100601, 2025, doi: [10.1016/j.rcsop.2025.100601](https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2025.100601).
- [7] I. M. A. W. Ketut Arlin Aryani, Dewa Gede Hendra Divayana, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Jerawat Di Wajah Dengan Metode Certainty Factor," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 6, pp. 96–106, 2017, doi: <https://doi.org/10.23887/janapati.v6i2.11496>.
- [8] A. E. Saputri, N. Sevani, F. Saputra, and R. K. Sali, "Using Certainty Factor Method to Handle Uncertain Condition in Hepatitis Diagnosis," *ComTech Comput. Math. Eng. Appl.*, vol. 11, no. June, pp. 1–10, 2020, doi: [10.21512/comtech.v11i1.5903](https://doi.org/10.21512/comtech.v11i1.5903).
- [9] H. Gultom and R. Hidayat, *Teknologi Sistem Pakar Metode Certainty Factor Teori dan Studi Kasus*. Eureka Media Aksara, 2025.
- [10] L. Febrianti, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jerawat Di Wajah Berbasis Web Dengan Metode Certainty Factor," *J. Ilmu Komput. dan Pendidik.*, vol. 1, no. 5, pp. 1250–1264, 2023.
- [11] A. I. P. Dimas Ardiansyah, "Perancangan Website Pembelajaran Bahasa Jepang Dengan Fokus Materi Klausa Melalui Metode Waterfall," *J. Inform. Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 49–57, 2024, doi: <https://doi.org/10.54914/jit.v10i1.1085>.
- [12] P. Wahyuningsih and S. Zuhriyah, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Campak Rubella Pada Anak Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Website," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, 2021, doi: [10.25126/jtiik.202182710](https://doi.org/10.25126/jtiik.202182710).
- [13] A. Jaelani and R. Akbar, "Perancangan Sistem Pakar Berbasis Web untuk Menentukan Kerusakan Komputer Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–31, 2025, doi: <https://doi.org/10.70716/jocsit.v1i1.188>.
- [14] G. T. Pranoto, D. Maulana, and I. Nawangsih, "Pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Dengan Metode Certainty Factor Untuk Mendukung Keputusan Medis Cepat dan Tepat," *Acad. J. Comput. Sci. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 74–81, 2023.
- [15] M. Iqbal, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Anak Menggunakan Metode Certainty Factor," vol. 4, no. 2, 2024, doi: [http://dx.doi.org/10.53514/jco.v4i2.507](https://dx.doi.org/10.53514/jco.v4i2.507).
- [16] D. I. P. Afni Kurnia Herawati, "Pendekatan Agile Software Development Dalam Sistem Informasi Berbasis Web Untuk Optimalisasi Manajemen Data Iklan," *J. Inform. Terpadu*, vol. 11, no. 2, pp. 123–133, 2025, doi: <https://doi.org/10.54914/jit.v11i2.2572>.
- [17] K. Ilkhomjon, "About Database (Db)," *Int. J. Econ. Financ. Sustain. Dev.*, 2021.
- [18] K. M. Sukiakhy and O. Aulia, "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Gangguan Mental Pada Anak Berbasis Web," *J.*

- Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 6, pp. 119–129, 2022.
- [19] L. D. Ajisari and P. T. Prasetyaningrum, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kardiovaskular Menggunakan Metode Certainty Factor,” *J. Comput. Inf. Syst. Ampera*, vol. 5, no. 2, pp. 121–137, 2024, [Online]. Available: <https://journal-computing.org/index.php/journal-cisa/index>
- [20] D. Adellia, A. C. Siregar, and S. P. Alkadri, “Penerapan Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit pada Tanaman,” *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 451–458, 2022.
- [21] I. P. D. Suarnatha, I. M. Agus, and O. Gunawan, “Implementasi metode certainty factor dalam sistem pakar deteksi penyakit pencernaan pada manusia,” vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2022.
- [22] R. M. Sarinawati, Gomali Juni Yanris, “Design and Build Expert System Application for Diagnosing Facial Skin Disease based on Android,” *Sink. J. dan Penelit. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 737–745, 2022, doi: doi.org/10.33395/sinkron.v7i2.11425.
- [23] Y. K. Kumarahadi, M. Z. Arifin, S. Pambudi, and T. Prabowo, “Sistem Pakar Identifikasi Jenis Kulit Wajah Dengan Metode Certainty Factor,” *J. TiKomSiN*, vol. 8, no. 1, pp. 21–27, 2020, doi: doi.org/10.30646/tikomsin.v8i1.453.
- [24] M. Ula, I. Saputra, R. Afdelina, and M. Ikhsan, “Application of Expert System With Forward Chaining Method in Detecting Infectious Diseases in Children,” *Sci. Midwifery*, vol. 10, no. 4, 2022, doi: <https://doi.org/10.35335/midwifery.v10i4.714>.
- [25] V. Ramadhani, M. R. Fadillah, M. W. Putri, M. Prahmana, and I. Yusnita, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit menggunakan Metode Certainty Factor dan Forward Chaining,” *J. Publ. Tek. Inform.*, vol. 5, no. November 2025, 2026, doi: doi.org/10.55606/jupti.v5i1.6391.
- [26] R. D. D. Nurul Ibnu Al Muharom, Nana Suarna, “Usability Testing Pada Aplikasi Kas Berbasis Android Dan Teknologi API Menggunakan Metode System Usability Scale,” *J. Inform. Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 73–82, 2024.



KOMPARASI MODEL ARIMA, REGRESI LINEAR, *RANDOM FOREST*, DAN LSTM UNTUK PERAMALAN HARGA BERAS JAWA BARAT

Marsello Ormanda¹, Irfan Ardiansah²

^{1,2}Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
Sumedang, Jawa Barat, Indonesia 45363

marsello22001@mail.unpad.ac.id, irfan@unpad.ac.id

Abstract

Rice price fluctuations in West Java significantly impact regional inflation and national food security. The main challenge in forecasting this commodity price is the high volatility of the data, which conventional statistical models often fail to capture. This study aims to compare the accuracy of four forecasting methods: ARIMA, Linear Regression, Random Forest, and Long Short-Term Memory (LSTM), to identify the best-performing model. The data used are daily medium rice prices in West Java from January 2022 to October 2024, obtained from Kaggle. The methodology includes data pre-processing, model parameter optimization, and performance evaluation using RMSE, MAE, and MAPE metrics. The results show that non-linear models significantly outperform linear models. LSTM recorded superior performance with the lowest error rates (MAPE 0.43% and RMSE 91.95), followed by Random Forest (MAPE 0.67%). In contrast, ARIMA and Linear Regression produced errors above 10%. In conclusion, Deep Learning and Machine Learning approaches are more robust at handling volatile food price data than classical econometric methods, making them highly recommended as a basis for policymakers' early warning systems.

Keywords: Forecasting, LSTM, random forest, rice prices, volatility

Abstrak

Fluktuasi harga beras di Jawa Barat memiliki dampak signifikan terhadap inflasi daerah dan ketahanan pangan nasional. Tantangan utama dalam peramalan harga komoditas ini adalah tingginya volatilitas data yang seringkali gagal ditangkap oleh model statistik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi empat metode peramalan, yaitu ARIMA, regresi linear, *random forest*, dan *long short-term memory* (LSTM), guna mengidentifikasi model terbaik. Data yang digunakan adalah harga harian beras medium di Jawa Barat periode Januari 2022 hingga Oktober 2024 yang diperoleh dari Kaggle. Metodologi meliputi pra-pemrosesan data, optimasi parameter model, dan evaluasi kinerja menggunakan metrik RMSE, MAE, dan MAPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model non-linier mengungguli model linear secara signifikan. LSTM mencatatkan kinerja superior dengan tingkat kesalahan terendah (MAPE 0,43% dan RMSE 91,95), diikuti oleh *random forest* (MAPE 0,67%). Sebaliknya, ARIMA dan regresi linear menghasilkan error di atas 10%. Kesimpulannya, pendekatan *deep learning* dan *machine learning* terbukti lebih *robust* dalam menangani data harga pangan yang volatil dibandingkan metode ekonometrika klasik, sehingga sangat direkomendasikan sebagai landasan sistem peringatan dini bagi pemangku kebijakan.

Kata kunci: Harga beras, LSTM, peramalan, *random forest*, volatilitas

1. PENDAHULUAN

Beras memegang peran yang sentral dan tidak tergantikan dalam struktur ekonomi, sosial, dan politik Indonesia [1], [2]. Sebagai makanan pokok mayoritas masyarakat, posisinya sebagai komoditas strategis menjadikannya pilar utama ketahanan pangan nasional [3], [4]. Stabilitas harga beras memiliki dampak langsung terhadap stabilitas ekonomi makro, mengingat fluktuasi harganya merupakan penyumbang utama inflasi bahan makanan yang dapat melampaui 5 persen pada periode tertentu [5], [6]. Oleh karena itu, peramalan harga yang akurat berfungsi sebagai

sistem peringatan dini atau *early warning system* yang esensial untuk memitigasi risiko inflasi dan mempertahankan daya beli masyarakat [7], [8].

Penelitian ini memfokuskan analisis pada Provinsi Jawa Barat karena perannya yang fundamental dalam menjaga ketersediaan pangan nasional [9]. Sebagai salah satu sentra produksi utama, volatilitas harga di Jawa Barat memiliki potensi untuk menjadi indikator utama pergerakan harga beras di wilayah sekitarnya [9]. Tantangan metodologis utama dalam peramalan harga beras adalah sifat datanya

yang tidak stabil dan sangat volatil akibat faktor musiman serta gangguan eksternal [10]. Karakteristik non-linier yang kompleks ini menyebabkan model ekonometrika tradisional seringkali kurang memadai untuk memberikan akurasi peramalan yang optimal [10].

Upaya pengembangan sistem prediksi harga komoditas pangan yang volatil sebenarnya telah banyak dilakukan. Sebagai referensi, terdapat penelitian yang telah membahas sistem prediksi harga komoditas cabai di Jawa Timur untuk membantu pengambilan keputusan petani dan pedagang akibat fluktuasi harga harian [11]. Namun, penelitian terdahulu [12] yang menerapkan model ARIMA untuk harga beras di Jawa Barat mencatat adanya batasan pada pola data linier. Demikian pula, studi terkait [13] yang telah mengeksplorasi penggunaan *Random Forest* dan Regresi Linier, namun belum mengintegrasikan pendekatan *deep learning* untuk menangani volatilitas pasca-pandemi yang ekstrem.

Oleh karena itu, studi yang membandingkan secara komprehensif spektrum luas metodologi mulai dari ekonometrika tradisional hingga *deep learning* secara spesifik pada dinamika harga beras di Jawa Barat masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan analisis komparatif untuk mengidentifikasi model peramalan yang paling akurat dan *robust*. Empat metode dipilih untuk perbandingan ini yaitu ARIMA, regresi linear, *random forest*, dan *long short-term memory* (LSTM). Model ARIMA dipilih sebagai standar emas ekonometrika dan regresi linear sebagai tolok ukur linearitas dasar [14]. Sementara itu, *random forest* dipilih sebagai representasi *machine learning* yang telah terbukti andal dalam menangani data kompleks, dan LSTM sebagai representasi *deep learning* yang diharapkan unggul dalam menangkap dependensi jangka panjang pada data yang bergejolak [15]. Perbandingan ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi metode terbaik bagi pemangku kebijakan dalam merencanakan intervensi pasar yang efektif [16].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan desain eksperimental kuantitatif untuk mengevaluasi akurasi peramalan harga beras di Jawa Barat. Mengingat karakteristik data harga pangan yang memiliki volatilitas tinggi dan pola non-linier [10], [17], pendekatan statistik klasik sering kali memiliki keterbatasan dalam menangkap fluktuasi ekstrem [18]. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan analisis komparatif antara model linear (*baseline*) yaitu ARIMA dan regresi linear, melawan model non-linear berbasis kecerdasan buatan, yakni *random forest* dan *long short-term memory* (LSTM). Pemilihan model ini didasarkan pada kemampuan *machine learning* dan *deep learning* dalam mempelajari dependensi jangka panjang dan pola kompleks yang tidak dapat dijangkau oleh model ekonometrika tradisional [19], [20]. Hasil evaluasi diukur secara objektif menggunakan metrik RMSE, MAE,

dan MAPE untuk merekomendasikan model yang paling *robust* sebagai landasan kebijakan ketahanan pangan [16].

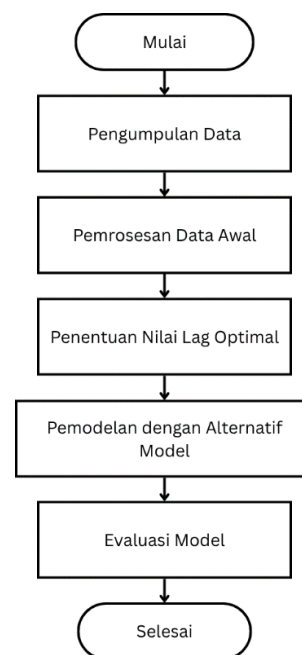
2.1 Metode pengumpulan data, instrumen penelitian, dan metode pengujian

Data yang didayagunakan dalam studi ini merupakan data sekunder berjenis deret waktu (*time series*) univariat, yakni harga harian beras medium di Provinsi Jawa Barat. Rentang waktu pengamatan mencakup periode Januari 2022 hingga Oktober 2024 yang diakuisisi melalui repositori publik Kaggle [21]. Instrumen komputasi yang digunakan mencakup bahasa pemrograman *Python* dengan pustaka *Pandas* untuk manipulasi struktur data, serta pemanfaatan algoritma *Min-Max Scaler* untuk prosedur normalisasi data, khususnya pada pemodelan jaringan saraf tiruan [22].

Untuk memvalidasi keandalan model, evaluasi kinerja dilakukan secara objektif menggunakan tiga metrik statistik standar. *Root Mean Squared Error* (RMSE) digunakan untuk mendeteksi deviasi ekstrem dengan memberikan bobot lebih pada kesalahan besar [23]. *Mean Absolute Error* (MAE) diterapkan untuk mengukur rata-rata kesalahan absolut [23], sedangkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk menginterpretasikan akurasi dalam persentase yang intuitif [24]. Kombinasi ketiga metrik ini bertujuan untuk memastikan validitas kedekatan antara nilai estimasi model dengan data aktual di lapangan.

2.2 Tahapan penelitian

Seluruh rangkaian kegiatan penelitian dilaksanakan melalui fase-fase terstruktur sebagaimana direpresentasikan dalam diagram alur pada Gambar 1. Penjelasan mendalam mengenai setiap tahapan tersebut dipaparkan pada paragraf sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Riset diawali dengan pengumpulan data historis yang kemudian melalui tahap inspeksi integritas. Terdapat 37 entri data yang hilang (*missing values*) yang ditangani secara metodologis menggunakan interpolasi linear guna mempertahankan kontinuitas deret waktu. Selanjutnya, dataset dibagi secara sekuensial menjadi 80% untuk fase pelatihan (*training*) dan 20% untuk fase pengujian (*testing*). Khusus pada model LSTM, dilakukan transformasi nilai ke rentang 0 hingga 1 untuk mengoptimalkan konvergensi saat proses pelatihan [15].

Empat algoritma prediktif kemudian diterapkan dengan melibatkan prosedur *hyperparameter tuning*. Model ARIMA dioptimasi menggunakan mekanisme *grid search* dengan target nilai AIC minimum untuk mendapatkan estimasi parameter terbaik [25]. Pada model regresi linear dan *random forest*, dilakukan ekstraksi fitur berbasis *lagged features*, di mana diterapkan lag 10 untuk regresi linear dan lag 1 untuk *random forest* berdasarkan kriteria galat terkecil. Sementara itu, arsitektur LSTM dikonfigurasi menggunakan urutan waktu (*sequences*) sepanjang 30 hari untuk menangkap dependensi temporal jangka panjang [20].

Kinerja dari setiap model kemudian divalidasi menggunakan data uji yang bersifat independen dari proses latih. Analisis akhir dilakukan untuk mengidentifikasi model dengan tingkat ketahanan tertinggi. Penentuan kualitas model didasarkan pada standar interpretasi nilai MAPE sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 [26], di mana model dengan nilai MAPE di bawah 10% diklasifikasikan sebagai kategori akurasi tertinggi. Observasi visual melalui perbandingan grafik tren harga juga dilakukan untuk memastikan model mampu beradaptasi terhadap volatilitas harga harian secara dinamis.

Tabel 1. Tabel Standar Interpretasi nilai MAPE

Nilai MAPE	Interpretasi
Kurang dari 10%	Akurasi peramalan tinggi (<i>highly accurate forecasting</i>)
10-20%	Akurasi peramalan baik (<i>good forecasting</i>)
20-50%	Akurasi peramalan dapat diterima (<i>reasonable forecasting</i>)
Lebih dari 50%	Akurasi peramalan rendah (<i>inaccurate forecasting</i>)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil uji coba dan analisis komparatif performa model yang diimplementasikan pada dataset penelitian. Analisis dilakukan dengan menggunakan data harga komoditas beras historis sebagai bahan pelatihan dan evaluasi untuk mengidentifikasi model yang paling akurat dalam menangkap tren dan volatilitas harga.

Tabel 2. Rangkuman Metrik Evaluasi Kinerja (Data Uji)

Model	Kategori	RMSE (Rp)	MAE (Rp)	MAPE (Rp)	Interpretasi Kualitas
LSTM	<i>Deep Learning</i>	91,95	55,72	0,43%	Akurat Tinggi
<i>Random Forest</i>	<i>Machine Learning</i>	136,00	88,28	0,67%	Akurat Tinggi
ARIMA	Ekonometrika Klasik	1488,19	1399,37	10,93%	Akurasi Baik
Regresi Linear	<i>Baseline Linear</i>	1544,30	1500,77	11,67%	Akurasi Baik

3.1 Perbandingan Kinerja Model

Analisis kuantitatif dilakukan pada dataset *data testing* untuk membandingkan kinerja dari keempat model peramalan menggunakan metrik RMSE, MAE, dan MAPE. Berdasarkan Tabel 2, model LSTM terbukti menghasilkan kinerja superior dengan nilai MAPE terkecil sebesar 0,43% dan RMSE 91,95 Rupiah. Nilai MAPE ini secara definitive menempatkan LSTM dan *random forest* (MAPE 0,67%) dalam kategori akurasi peramalan tinggi (*highly accurate forecasting*).

Sebaliknya dengan model linear ARIMA dan regresi linear yang menunjukkan tingkat kesalahan lebih tinggi. Regresi linear menghasilkan MAPE 11,67% dan ARIMA sebesar 10,93%, yang mana kedua nilai ini menempatkan model linear hanya dalam kategori akurasi peramalan baik (*good forecasting*). Perbedaan signifikan ini menegaskan bahwa metode berbasis *deep learning* dan *machine learning* jauh lebih efektif dalam menangani volatilitas harga komoditas dibandingkan metode *time series* klasik.

3.2 Karakteristik Dataset dan Implikasi Pemodelan

Dataset harga beras medium Provinsi Jawa Barat menunjukkan property volatilitas tinggi dan non-linieritas yang signifikan, yang secara fundamental memengaruhi kinerja model peramalan. Volatilitas data ini diukur melalui koefisien variasi (CV) yang menunjukkan nilai sebesar 11,6452%. Koefisien variasi dihitung sebagai rasio antara standar deviasi (σ) dan rata-rata (μ), serta dinyatakan dalam persentase dengan rumus:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\% \quad [27]$$

Tingkat fluktuasi yang tinggi ini secara teoritis membuat model linear tradisional rentan terhadap kesalahan besar [17]. Fluktuasi yang ekstrem ini menjelaskan mengapa model linear seperti ARIMA dan regresi linear menghasilkan error yang tinggi, menempatkan keduanya hanya pada kategori akurasi peramalan baik (*good forecasting*). Nilai MAPE kedua model linear tersebut secara numerik mencerminkan kondisi fluktuasi harga pada dataset. Model-model linear ini dipaksa memproyeksikan pola yang kaku, sehingga gagal beradaptasi dengan

perubahan struktural mendadak yang berpotensi menyebabkan error jauh lebih besar pada data *test* dibandingkan dengan data *training* [28].

Sebaliknya, kinerja superior LSTM dan *random forest* yang masuk ke dalam kategori akurasi peramalan tinggi (*highly accurate forecasting*), memberikan pembenaran metodologis yang kuat untuk memilih model non-linier. Kinerja ini menunjukkan bahwa dataset harga beras memerlukan model yang mampu menangkap dinamika non-linier dan kompleks secara efektif, dibandingkan model yang berbasis pada asumsi linearitas. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyimpulkan bahwa metode *deep learning* seperti LSTM lebih *robust* dalam menangani fluktuasi data yang ekstrem dibandingkan model tradisional, karena kemampuannya menangkap hubungan non-linier dan adaptasi terhadap perubahan struktural [29].

3.3 Penentuan Parameter Model Optimal

Proses penentuan parameter optimal dilakukan secara ketat untuk menjamin kinerja terbaik dari setiap model. Untuk model ARIMA, berdasarkan uji stasioneritas ($d = 1$) dan seleksi *Grid Search*, terpilih spesifikasi model ARIMA(5, 1, 6) yang menghasilkan nilai AIC terendah sebesar 8.790,98. Pada pendekatan berbasis regresi, Regresi Linear mencapai performa terbaik menggunakan Lag 10 dengan teknik regularisasi Lasso (L1), mencatatkan nilai RMSE terendah sebesar 74,19 pada data latih. Berbeda dengan itu, model *Random Forest* justru mencapai kinerja optimalnya menggunakan Lag 1 dengan RMSE sebesar 136,00, yang mengindikasikan efektivitas model dalam menangkap korelasi harga harian jangka pendek. Sementara itu, model *Deep Learning LSTM* dikonfigurasi dengan *sequence length* 30 hari, di mana proses pelatihan berhenti secara otomatis pada Epoch 21 dengan capaian RMSE *training* sebesar 89,44 dan *Validation Loss* terendah sekitar $5,28 \times 10^{-4}$.

3.4 Keunggulan Model *Deep Learning* dan *Machine Learning*

Model non-linier LSTM dan *Random Forest* menunjukkan keunggulan adaptif yang signifikan. Kinerja LSTM yang superior (MAPE 0,43%) disebabkan oleh arsitektur *memory cell* yang memungkinkannya mengatasi masalah *vanishing gradient* dan mempertahankan informasi yang relevan dalam jangka panjang [20]. Kemampuan mekanisme *gate* ini memungkinkan LSTM untuk menangkap hubungan non-linier yang kompleks, sehingga model mampu menyesuaikan diri dengan cepat terhadap perubahan struktural harga. Secara visual, perbandingan keunggulan prediksi model *machine learning* dan *deep learning* terhadap harga actual disajikan pada Gambar 2. Prediksi *random forest* (Gambar 2a) memvalidasi efektivitas pendekatan *ensemble* dalam peramalan harga komoditas dengan mengatasi volatilitas data, sehingga menghasilkan garis prediksi yang sangat rapat dengan data actual. Sementara itu, prediksi LSTM (Gambar 2b) menunjukkan

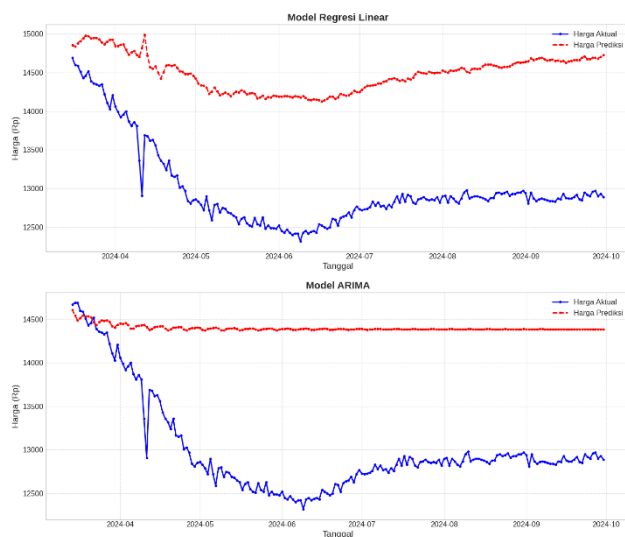
tingkat keakuratan tertinggi dengan kemampuannya mengikuti fluktuasi minor harga secara mulus di sepanjang periode uji. Model *Random Forest* juga menunjukkan akurasi yang sangat tinggi (MAPE 0,67%), memvalidasi efektivitas pendekatan *ensemble* dalam peramalan harga komoditas [30]. Keberhasilan RF didukung oleh penentuan Lag 1 sebagai parameter optimal, yang menunjukkan bahwa korelasi kuat harga hari sebelumnya dapat digunakan secara efektif oleh model non-linier untuk memprediksi harga hari ini. Meskipun RF membangkitkan banyak pohon yang lebih sederhana, model ini secara efektif mengatasi volatilitas data, sehingga menghasilkan prediksi yang sangat rapat dengan data actual pada periode *testing*.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Model Non-Linier: (a) *Random Forest*, dan (b) LSTM.

3.5 Kegagalan Model Ekonometrika Klasik

Sebaliknya, model linear seperti ARIMA dan Regresi Linear menunjukkan kelemahan mendasar yang terekam jelas dalam visualisasi pada Gambar 3. Model ARIMA (MAPE 10,93%) cenderung menghasilkan prediksi yang kaku karena hanya mampu menangkap tren linear dasar. Grafik prediksi ARIMA (Gambar 3b) menunjukkan bahwa model ini gagal beradaptasi dengan cepat terhadap penurunan harga tajam yang terjadi di awal periode *testing*, menyebabkan garis prediksi (garis merah) stagnan pada level harga yang tinggi. Kegagalan ini memvalidasi literatur yang menyatakan bahwa model time series klasik seringkali tidak memadai untuk memodelkan karakteristik non-linier dan sifat harga yang sangat volatil [18].



Gambar 3. Grafik Perbandingan Model Linear: (a) Regresi Linear, dan (b) ARIMA.

Demikian pula, Regresi Linear (MAPE 11,67%) juga gagal menangkap dinamika harga secara akurat. Meskipun menggunakan Lag 10, grafik prediksi Regresi Linear (Gambar 3a) menunjukkan keterbatasan yang sama dalam menyesuaikan diri dengan tren penurunan struktural, menghasilkan deviasi prediksi yang signifikan. Kegagalan model linear ini membuktikan bahwa *dataset* harga beras memerlukan model yang secara inheren mampu memproses hubungan non-linier dan volatilitas ekstrem untuk menghasilkan peramalan yang *robust*.

3.6 Implikasi Temuan dan Rekomendasi

Temuan penelitian ini memberikan kontribusi dan implikasi yang signifikan, baik secara teoritis maupun praktis. Secara Implikasi Teoritis, kinerja superior yang ditunjukkan oleh model LSTM secara empiris membuktikan bahwa pendekatan *deep learning* menawarkan alternatif yang andal dan *robust* untuk skenario peramalan harga komoditas yang kompleks. Dominasi LSTM memvalidasi bahwa metode *time series* tradisional, seperti ARIMA dan Regresi Linear, memiliki keterbatasan fundamental dalam menangani data dengan volatilitas tinggi dan pola non-linier [31]. Secara Implikasi Praktis, adopsi model LSTM dengan akurasi MAPE 0.43% dapat menghasilkan manfaat nyata bagi pemangku kepentingan. Akurasi tinggi ini berfungsi sebagai sistem peringatan dini yang esensial dalam memitigasi risiko inflasi dan memungkinkan pemerintah merencanakan intervensi pasar yang tepat waktu [32]. Bagi pelaku bisnis, model ini dapat menghasilkan perbaikan signifikan pada manajemen persediaan, perencanaan anggaran, dan peningkatan efisiensi operasional [33].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan berbasis *deep learning* dan *machine learning* terbukti secara signifikan lebih unggul dan *robust* dibandingkan dengan metode statistik tradisional dalam melakukan peramalan

harga beras medium di Jawa Barat. Keunggulan utama dari model non-linier tersebut terletak pada kemampuannya untuk menangkap pola dependensi jangka panjang dan beradaptasi secara dinamis terhadap data komoditas pangan yang memiliki tingkat volatilitas ekstrem. Sebaliknya, kegagalan model ekonometrika klasik seperti ARIMA dan regresi linear membuktikan bahwa asumsi linearitas dan stasioneritas yang kaku sangat rentan dan tidak responsif terhadap guncangan pasar (*shocks*) maupun perubahan tren struktural secara tiba-tiba.

Secara praktis, akurasi tinggi yang dicapai oleh model LSTM menjadikannya sangat layak direkomendasikan sebagai instrumen utama dalam sistem peringatan dini (*early warning system*) bagi pemangku kebijakan. Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan untuk mengembangkan pendekatan model *hybrid* yang menggabungkan keandalan statistik linear dan jaringan saraf tiruan guna mengoptimalkan akurasi prediksi. Selain itu, integrasi teknik *explainable AI* (XAI) sangat esensial pada penelitian masa depan untuk mengurai sifat “*black box*” pada algoritma *deep learning*, sehingga transparansi keputusan komputasional dapat lebih mudah diinterpretasikan dan diadopsi dalam perumusan kebijakan ketahanan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rafidah, Y. Hariyati, K. Muhtadi, and H. Prayuginingsih, “Determinan dan Dampak Kebijakan Peningkatan Areal Irigasi terhadap Rasio Ketergantungan Impor Beras Indonesia,” *J. Pangan*, vol. 33, no. 2, pp. 97–118, 2024, doi: <https://doi.org/10.33964/jp.v33i2.664>.
- [2] F. A. Nasution, Y. I. Indainanto, and P. D. K. Pardede, “Beras Sebagai Komoditas Politik Dalam Pemilihan Umum di Indonesia,” *J. Kaji. Agrar. dan Kedaulatan Pangan*, vol. 2, no. 1, pp. 37–43, 2023, doi: [10.32734/jkakp.v2i1.13421](https://doi.org/10.32734/jkakp.v2i1.13421).
- [3] N. D. Budiman and L. Santu, “Kajian Strategi dan Kebijakan Pemerintah Indonesia dalam Mencapai Target Swasembada Beras,” *J. Pertan. CEMARA*, vol. 21, no. 2, pp. 125–136, 2024, doi: [10.24929/fp.v21i2.3888](https://doi.org/10.24929/fp.v21i2.3888).
- [4] F. A. Adit Kurniawan, I. Ramadhani, and R. A. Fitri, “Analisis Pengambilan Keputusan Kebijakan Impor Beras dalam Konteks Pemenuhan Pangan Nasional di Indonesia,” *Indones. J. Public Adm. Rev.*, vol. 1, no. 2, p. 15, 2024, doi: [10.47134/par.v1i2.2394](https://doi.org/10.47134/par.v1i2.2394).
- [5] V. Hildayanti, “Pengaruh Fluktuasi Harga Komoditas Beras dan Minyak Goreng Terhadap Pengendalian Inflasi di Kota Cirebon Tahun 2021–2023,” *J. Din. Sos. Dan Sains*, vol. 1, no. 4, pp. 305–313, 2024, doi: <https://doi.org/10.60145/jds.v1i4.85>.
- [6] W. S. Nugroho and Jamilatuzzahro, “Harga Beras

- Lampau HET, Berikut Penjelasan Pengamat Ekonomi FEB UGM,” FEB UGM. Accessed: Nov. 29, 2025. [Online]. Available: <https://feb.ugm.ac.id/id/berita/4509-harga-beras-lampau-het-berikut-penjelasan-pengamat-ekonomi-feb-ugm>
- [7] A. Winata, M. D. Lauro, and T. Handhayani, “Analysis and Prediction of Foodstuffs Prices in Tasikmalaya Using ELM and LSTM,” *Sistemasi*, vol. 12, no. 3, p. 874, 2023, doi: 10.32520/stmsi.v12i3.3145.
- [8] W. Widiyantoro, Y. H. Chrisnanto, and A. I. Hadiana, “Peramalan Produksi Padi di Kabupaten Bandung Menggunakan Metode Double Moving Average,” *J. Sos. Teknol.*, vol. 5, no. 9, pp. 3762–3776, 2025, doi: 10.59188/jurnalsostech.v5i9.32409.
- [9] V. Virgiani, A. Hadianto, and F. Dewi Raswatie, “Analisis Capaian Program Swasembada Beras di Pulau Jawa,” *Indones. J. Agric. Resour. Environ. Econ.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2023, doi: 10.29244/ijaree.v2i2.51682.
- [10] A. Pala and W. Windasari, “Prediksi Harga Komoditas Pertanian Beras dengan Metode Hybrid ARIMA dan Neural Network di Daerah Istimewa Yogyakarta,” *J. Appl. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 126–145, 2025, doi: <https://doi.org/10.32639/d3m0cb17>.
- [11] B. Al badi, M. A. Bianto, R. N. Rohman, and M. S. Alamsyah, “Sistem Prediksi Harga Komoditas Cabai di Wilayah Jawa Timur Menggunakan Simple Moving Average,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, pp. 2261–2269, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.7345.
- [12] R. D. Putra, N. Musyaffa, H. Nurdin, and R. M. Square, “Analisis Komparatif Model Arima dan Lstm untuk Prediksi,” *IJCIT (Indonesian J. Comput. Inf. Technol.)*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, 2025.
- [13] I. R. Muchtar and Afiyati, “Comparison of Linear Regression and Random Forest Algorithms for Premium Rice Price Prediction (Case Study : West Java),” *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 5, no. 7, pp. 3122–3132, 2024.
- [14] G. Box, “Box and Jenkins: Time Series Analysis, Forecasting and Control,” in *A Very British Affair: Six Britons and the Development of Time Series Analysis During the 20th Century*, London: Palgrave Macmillan UK, 2013, pp. 161–215. doi: 10.1057/9781137291264_6.
- [15] R. Muhammad and I. Nurhaida, “Penerapan LSTM Dalam Deep Learning Untuk Prediksi Harga Kopi Jangka Pendek Dan Jangka Panjang,” *JIPi (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 10, no. 1, pp. 554–564, 2025, doi: 10.29100/jipi.v10i1.5904.
- [16] Y. Ashari and A. Suhendar, “Implementasi Algoritma Long Short-Term Memory (Lstm) untuk Memprediksi Harga Beras di Jawa Tengah berdasarkan Cuaca,” *Djtechno J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 3, pp. 624–636, 2024, doi: 10.46576/djtechno.v5i3.5136.
- [17] A. V. Septani, F. M. Afendi, and A. Kurnia, “Perbandingan Metode GARCH, LSTM, GRU, dan CNN pada Peramalan Volatilitas Kurs,” *J. Math. Its Appl.*, vol. 22, no. 1, pp. 149–169, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.12962/limits.v22i1.3384>.
- [18] S. Annisa *et al.*, “Peramalan harga minyak mentah indonesia menggunakan algoritma random forest,” *J. Gaussian*, vol. 13, no. 2, pp. 472–478, 2025, doi: 10.14710/j.gauss.13.2.472-478.
- [19] H. Hewamalage, C. Bergmeir, and K. Bandara, “Recurrent Neural Networks for Time Series Forecasting: Current status and future directions,” *Int. J. Forecast.*, vol. 37, no. 1, pp. 388–427, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2020.06.008>.
- [20] J. Cahyani, S. Mujahidin, and T. P. Fiqar, “Implementasi Metode Long Short Term Memory (LSTM) untuk Memprediksi Harga Bahan Pokok Nasional,” *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 2, p. 346, 2023, doi: 10.26418/justin.v11i2.57395.
- [21] Fathur, “Indonesia Commodity Price.” Accessed: Feb. 09, 2026. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/dataavidia/indonesia-commodity-price>
- [22] Y. S. Kim, M. K. Kim, N. Fu, J. Liu, J. Wang, and J. Srebric, “Investigating the impact of data normalization methods on predicting electricity consumption in a building using different artificial neural network models,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 118, no. October 2023, p. 105570, 2025, doi: 10.1016/j.scs.2024.105570.
- [23] T. O. Hodson, “Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not,” *Geosci. Model Dev.*, no. 2, pp. 5481–5487, 2022, doi: <https://doi.org/10.5194/gmd-15-5481-2022>.
- [24] B. L. Bowerman, R. T. O’connell, and A. B. Koehler, “Forecasting, time series, and regression : an applied approach,” 2005. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:117736686>
- [25] S. Deviana, Nusyirwan, D. Azis, and P. Ferdias, “Analisis Model Autoregressive Integrated Moving Average Data Deret Waktu Dengan Metode Momen Sebagai Estimasi Parameter,” *J. Siger Mat.*, vol. 02, no. 02, pp. 57–67, 2021.
- [26] A. Febiola *et al.*, “Perbandingan Metode ARIMA dan SARIMA Dalam Peramalan Jumlah Penumpang Bandara Provinsi Kepulauan Bangka

- Belitung.” *Jambura J. Math.*, vol. 6, no. 2, pp. 160–168, 2024, doi: 10.37905/jjom.v6i2.25081.
- [27] D. Cramer and D. N. V.-0 Howitt, “Coefficient of variation,” in *The SAGE dictionary of statistics*, 2004, p. 27. doi: <https://doi.org/10.4135/9780857020123.n81>.
- [28] R. A. A. Ananda, A. Nazir, L. Oktavia, E. Haerani, and F. Insani, “Analisa Perbandingan Metode Trend Moment dan Regresi Linear dalam Prediksi Kurs Mata Uang Rupiah terhadap Mata Uang Riyal,” *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 6, no. 3, pp. 563–571, 2025, doi: 10.47065/josyc.v6i3.7400.
- [29] D. K. T. Suwarso *et al.*, “Perbandingan Performa Arimax-Garch Dan Lstm Pada Data Harga Penutupan Saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM.JK),” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 12, no. 3, pp. 695–704, 2025, doi: 10.25126/jtiik.20258756.
- [30] C. A. Bahri and K. D. Tania, “Perbandingan Kinerja LSTM , Random Forest , dan SVR Berbasis Knowledge Discovery untuk Prediksi Harga Beras Sumatera Selatan,” *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 12, no. 5, pp. 721–732, 2025, doi: 10.30865/jurikom.v12i5.9140.
- [31] N. Sunendar, H. P. Putro, and R. Hesnananda, “Prediksi Penjualan Aerosol Menggunakan Algoritma ARIMA, LSTM Dan GRU,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 113–126, 2025, doi: 10.55123/insologi.v4i1.4868.
- [32] I. K. Dewi, “Strategi Kebijakan Badan Pangan Nasional Melalui Pendekatan Berbasis Spasial Dalam Rangka Menjaga Stabilitas Pasokan dan Harga Pangan,” *J. Econ. Bus. Account.*, vol. 8, no. 2, pp. 2782–2802, 2025.
- [33] A. T. Hidayat, D. P. Sari, and P. Andriani, “Forecasting Penjualan Produk Sembako Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing,” *RESOLUSI Rekayasa Tek. Inform. dan Inf.*, vol. 4, no. 4, pp. 436–445, 2024, doi: <https://doi.org/10.30865/resolusi.v4i4.1754>.



PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI CSIRT BERBASIS WEB MENGGUNAKAN *FRAMEWORK LARAVEL* DENGAN METODE *PROTOTYPING* PADA DISKOMINFO PURWAKARTA

Muhammad Rifky Akbar¹, Aidah Nur Fadhillah², Aji Primajaya³

^{1,3}Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang

²Manajemen, Universitas Islam Dr. KHEZ Muttaqien

^{1,3}Karawang, Jawa Barat, Indonesia 41361

²Purwakarta, Jawa Barat, Indonesia 41111

2210631170088@student.unsika.ac.id, aidahnurf012@gmail.com, aji.primajaya@staff.unsika.ac.id

Abstract

The increasing threat of cybersecurity attacks on regional government infrastructure requires a structured incident handling mechanism. However, cybersecurity incident handling at the Diskominfo of Purwakarta Regency is still conducted manually, resulting in slow responses and unstructured documentation. Previous studies discuss policies for CSIRT formation and Laravel-based system security, but none have developed a web-based CSIRT information system for the operational needs of incident response teams at the regional government level. This study aims to develop a web-based CSIRT (Computer Security Incident Response Team) information system using the prototyping method at the Diskominfo of Purwakarta Regency. The development process includes the stages of requirements analysis, design, prototyping, customer evaluation, review and refinement, development, testing, and release. Data collection is conducted through observation, interviews, and literature study. Testing uses Black Box Testing across 12 scenarios covering authentication, incident ticket management, incident reporting, security vulnerability notification letters, and report recapitulation, achieving a 100% success rate. It is concluded that this system can improve the effectiveness of cybersecurity incident handling through structured documentation and integrated report management. It is recommended that the system be integrated with the BSSN reporting system and developed as a mobile application.

Keywords: *Black Box Testing, CSIRT, Cyber Security, Information System, Prototyping*

Abstrak

Meningkatnya ancaman keamanan siber terhadap infrastruktur pemerintah daerah menuntut mekanisme penanganan insiden yang terstruktur. Namun, penanganan insiden siber di Diskominfo Kabupaten Purwakarta masih dilakukan secara manual, menyebabkan respons lambat dan dokumentasi tidak terstruktur. Penelitian terdahulu membahas kebijakan pembentukan CSIRT dan keamanan sistem berbasis Laravel, namun belum ada yang mengembangkan sistem informasi CSIRT berbasis web untuk operasional tim tanggap insiden di tingkat pemerintah daerah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi CSIRT (*Computer Security Incident Response Team*) berbasis web menggunakan metode *prototyping* pada Diskominfo Kabupaten Purwakarta. Pengembangan melalui tahapan *requirements analysis, design, prototyping, customer evaluation, review and refine, develop, test, dan release*. Pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka. Pengujian menggunakan *Black Box Testing* terhadap 12 skenario mencakup autentikasi, manajemen tiket insiden, pelaporan insiden, surat pemberitahuan celah keamanan, dan rekap laporan menunjukkan keberhasilan 100%. Disimpulkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan efektivitas penanganan insiden keamanan siber melalui dokumentasi terstruktur dan pengelolaan laporan terintegrasi. Direkomendasikan agar sistem diintegrasikan dengan sistem pelaporan BSSN serta dikembangkan dalam bentuk aplikasi *mobile*.

Kata kunci: *Black Box Testing, CSIRT, Keamanan Siber, Sistem Informasi, Prototyping*

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital yang berlangsung pesat dalam tata kelola pemerintahan di Indonesia telah membawa dampak

signifikan terhadap peningkatan ancaman keamanan siber [1]. Sepanjang tahun 2024, jumlah serangan siber yang tercatat di Indonesia mencapai ratusan juta insiden dan

menunjukkan peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya[2]. Serangan *malware* mengalami kenaikan yang cukup tajam, seiring dengan semakin kompleksnya pola dan metode serangan yang digunakan oleh pelaku kejahatan siber. Kondisi ini menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara yang paling sering menjadi sasaran serangan siber secara global.

Pemerintah daerah sebagai bagian integral dari penyelenggaraan *e-government* tidak luput dari ancaman serangan siber tersebut [3]. Berbagai layanan dan aplikasi pemerintahan yang diuji menunjukkan masih ditemukannya ribuan kerentanan keamanan, termasuk kerentanan dengan tingkat risiko tinggi dan kritis. Jenis serangan yang menjadi ancaman utama meliputi *ransomware*, *phishing*, *Distributed Denial of Service (DDoS)*, *web defacement*, serta *Advanced Persistent Threat (APT)* [4] yang secara khusus menargetkan infrastruktur penting nasional dan lembaga pemerintahan.

Sebagai respons terhadap meningkatnya ancaman keamanan siber, pemerintah membentuk *Government Computer Security Incident Response Team (Gov-CSIRT)* [5] Indonesia sebagai tim tanggap insiden siber sektor pemerintah yang mewadahi seluruh instansi pemerintah pusat dan daerah. Pembentukan CSIRT di tingkat daerah juga diamanatkan melalui berbagai regulasi nasional yang mengatur perlindungan infrastruktur informasi vital dan penanganan insiden siber [6]. Hingga tahun 2024, jumlah tim tanggap insiden siber yang terbentuk di tingkat nasional dan daerah telah melampaui target yang ditetapkan dalam rencana pembangunan nasional.

Dinas Komunikasi dan Informatika (Diskominfo) Kabupaten Purwakarta sebagai salah satu Organisasi Perangkat Daerah (OPD) yang mengemban fungsi pengelolaan teknologi informasi dan komunikasi menghadapi tantangan dalam menangani pelaporan dan pengelolaan insiden keamanan siber di lingkungan pemerintah daerah. Proses penanganan insiden yang masih dilakukan secara manual menyebabkan dokumentasi yang kurang terstruktur, respons insiden yang relatif lambat [7], serta kesulitan dalam melakukan pelacakan dan analisis pola serangan secara komprehensif. Berdasarkan observasi lapangan, Diskominfo Kabupaten Purwakarta belum memiliki sistem informasi terintegrasi yang dapat mendukung operasional tim CSIRT dalam menerima, memproses, dan menindaklanjuti laporan insiden keamanan siber dari berbagai OPD.

Beberapa penelitian membahas implementasi kebijakan pembentukan CSIRT di Kementerian Perdagangan dengan pendekatan kualitatif [8]. Sementara itu, penelitian tentang peningkatan keamanan sistem informasi berbasis Laravel dengan *Rate Limiting* dan *Role-Based Access Control (RBAC)* juga telah dilakukan untuk memperkuat keamanan sistem dari serangan siber [9]. Namun demikian, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengembangkan

sistem informasi CSIRT berbasis web menggunakan *framework* Laravel dengan metode *prototyping* untuk mendukung operasional tim tanggap insiden siber di tingkat pemerintah daerah. Pemilihan metode *prototyping* didasarkan pada keunggulannya dalam melibatkan pengguna secara aktif sejak tahap awal pengembangan, sehingga umpan balik dapat diperoleh lebih cepat dan risiko ketidaksesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna dapat diminimalkan. Selain itu, metode ini memungkinkan perubahan kebutuhan diakomodasi secara fleksibel melalui proses iterasi tanpa perlu mengulang seluruh tahapan dari awal, sehingga lebih efisien dibandingkan dengan model sekuensial seperti Waterfall.

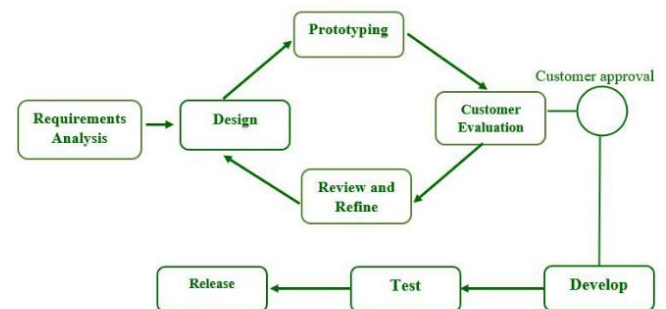
Sistem yang dikembangkan mencakup beberapa fitur utama, yaitu: (1) sistem tiket pelaporan insiden keamanan siber dengan klasifikasi tingkat keparahan; (2) manajemen surat pemberitahuan celah keamanan dengan fitur pembuatan dokumen PDF secara otomatis; (3) *dashboard* rekapitulasi dan statistik insiden keamanan siber; serta (4) sistem notifikasi melalui email kepada administrator. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penanganan insiden keamanan siber di lingkungan Pemerintah Kabupaten Purwakarta.

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi: (1) sistem dikembangkan untuk lingkungan internal Diskominfo Kabupaten Purwakarta; (2) pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Software Development Life Cycle (SDLC)* model *Prototyping*. Model ini dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dengan melibatkan partisipasi aktif pengguna dalam mengevaluasi setiap prototipe yang dibangun [10]. Tahapan model *Prototyping* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. SDLC Model Prototipe

a) *Requirements Analysis* (Analisis Kebutuhan)

Tahap pertama dalam model *prototyping* adalah analisis kebutuhan [11]. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem melalui observasi langsung terhadap proses penanganan insiden keamanan siber yang berjalan di

Diskominfo Kabupaten Purwakarta, wawancara dengan Kepala Bidang Persandian dan Keamanan Informasi serta staf Tim CSIRT, dan studi pustaka mengenai sistem informasi CSIRT serta regulasi keamanan siber. Hasil dari tahap ini adalah dokumen spesifikasi kebutuhan yang memuat kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

b) *Design* (Perancangan)

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Perancangan meliputi *Use Case Diagram* untuk menggambarkan interaksi aktor dengan sistem, *Activity Diagram* untuk menggambarkan alur proses [12] pelaporan insiden, *Entity Relationship Diagram* (ERD) untuk merancang struktur basis data, serta perancangan antarmuka pengguna (*User Interface*) [13].

c) *Prototyping* (Pembuatan Prototipe)

Tahap ini dilakukan pembangunan prototipe awal sistem menggunakan *framework* Laravel 8, bahasa pemrograman PHP 8.0, Bootstrap 5 untuk *front-end*, dan MySQL 8.0 sebagai basis data [14]. Prototipe dibangun dengan mengimplementasikan fitur-fitur inti sistem seperti modul pelaporan insiden keamanan siber, manajemen tiket, dan surat pemberitahuan celah keamanan.

d) *Customer Evaluation* (Evaluasi Pengguna)

Prototipe yang telah dibangun diserahkan kepada pengguna yaitu tim CSIRT Diskominfo Kabupaten Purwakarta untuk dievaluasi. Evaluasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan operasional [15], kemudahan penggunaan antarmuka, serta kelengkapan fitur yang dibutuhkan.

e) *Customer Approval* (Persetujuan Pengguna)

Pada tahap ini pengguna memberikan keputusan apakah prototipe sudah sesuai dengan kebutuhan atau belum [16]. Jika pengguna menyetujui prototipe, maka proses dilanjutkan ke tahap *Develop*. Jika tidak disetujui, maka proses kembali ke tahap *Review and Refine* untuk dilakukan perbaikan [17].

f) *Review and Refine* (Tinjauan dan Perbaikan)

Tahap ini dilakukan jika terdapat masukan atau revisi dari pengguna terhadap prototipe [18]. Perbaikan dilakukan sesuai dengan umpan balik yang diberikan, kemudian proses kembali ke tahap *Design* untuk memperbaiki perancangan dan membangun prototipe baru. Proses iterasi ini berlangsung hingga pengguna menyetujui prototipe yang dikembangkan.

g) *Develop* (Pengembangan)

Setelah prototipe disetujui oleh pengguna, tahap selanjutnya adalah pengembangan sistem secara lengkap [19]. Pada tahap ini dilakukan implementasi seluruh fitur sistem secara

utuh, optimasi kode program dan basis data, penerapan fitur keamanan seperti *CSRF protection*, validasi *input*, dan enkripsi *password*, serta integrasi seluruh modul sistem.

h) *Test* (Pengujian)

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memvalidasi fungsionalitas sistem [20]. Pengujian difokuskan pada validasi *input* pada formulir, proses *CRUD* (*Create, Read, Update, Delete*) pada setiap modul, fungsionalitas *generate PDF*, sistem autentikasi dan otorisasi pengguna, serta notifikasi *email* kepada administrator.

i) *Release* (Rilis)

Tahap akhir adalah rilis atau *deployment* sistem ke lingkungan produksi. Sistem yang telah lolos pengujian di-*deploy* ke web *hosting* agar dapat diakses oleh pengguna. Dokumentasi sistem juga disusun pada tahap ini sebagai panduan penggunaan bagi tim CSIRT Diskominfo Kabupaten Purwakarta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Kebutuhan

Bagian ini menjelaskan tentang data-data hasil penelitian dan pembahasan yang memiliki hubungan logis dan memiliki fokus pada kesimpulan. Bagian ini juga dapat diperkuat dengan sajian tabel/gambar/skema yang harus Berdasarkan tahap *Requirements Analysis*, diperoleh kebutuhan sistem sebagai berikut.

a) Kebutuhan Fungsional

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Bidang Persandian dan Keamanan Informasi serta observasi langsung terhadap alur kerja penanganan insiden siber, diidentifikasi tujuh kebutuhan fungsional utama yang harus dipenuhi oleh sistem. Kebutuhan fungsional ini mencakup seluruh proses bisnis inti operasional tim CSIRT, mulai dari pengelolaan pengguna dengan tiga level hak akses (*Super Admin, Admin, dan User*) [21], penerimaan dan pengelolaan laporan insiden siber dengan klasifikasi tingkat keparahan (*severity level*), manajemen tiket pengaduan dengan alur status yang terstruktur (*New, Assigned, In Progress, Resolved, dan Closed*), hingga pembuatan surat pemberitahuan celah keamanan secara otomatis dalam format PDF. Selain itu, sistem juga harus mampu menyajikan *dashboard* rekapitulasi dan statistik insiden, mengirimkan notifikasi melalui *email* kepada administrator, serta mengelola konten *website* seperti berita, panduan, dan layanan. Rincian kebutuhan fungsional sistem disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan Fungsional	Keterangan
1	Sistem dapat mengelola data pengguna	Terdapat tiga level pengguna, yaitu <i>Super Admin, Admin, dan User</i>

No	Kebutuhan Fungsional	Keterangan
2	Sistem dapat menerima laporan insiden siber	Menyediakan formulir pelaporan dengan klasifikasi jenis insiden dan tingkat keparahan (<i>severity level</i>)
3	Sistem dapat mengelola tiket pengaduan	Manajemen tiket dengan status <i>New, Assigned, In Progress, Resolved</i> , dan <i>Closed</i>
4	Sistem dapat membuat surat pemberitahuan celah keamanan	Sistem mampu melakukan <i>auto-generate</i> dokumen PDF menggunakan <i>template</i> resmi
5	Sistem dapat menampilkan rekam dan statistik	Menampilkan <i>dashboard</i> rekapitulasi laporan insiden dan tiket
6	Sistem dapat mengirim notifikasi email	Mengirimkan notifikasi otomatis melalui <i>email</i> kepada administrator
7	Sistem dapat mengelola konten <i>website</i>	Manajemen konten berupa berita, panduan, layanan, dan <i>file</i>

b) Kebutuhan Non-Fungsional

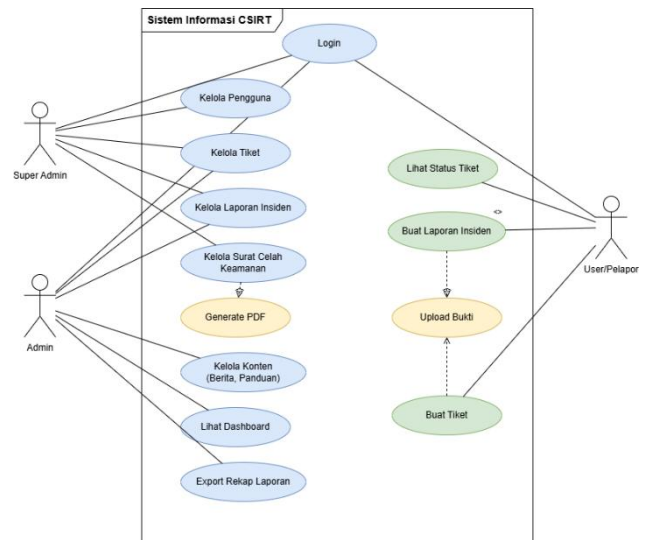
Selain kebutuhan fungsional, diidentifikasi pula kebutuhan non-fungsional yang menjadi standar kualitas sistem yang dikembangkan. Kebutuhan non-fungsional berperan penting dalam menjamin aspek keamanan, kenyamanan penggunaan, kinerja, dan kompatibilitas sistem agar dapat dioperasikan secara optimal oleh tim CSIRT. Dari sisi keamanan, sistem menerapkan proteksi *Cross-Site Request Forgery* (CSRF) [22], validasi *input* pada setiap formulir, serta enkripsi *password* untuk melindungi data pengguna. Dari sisi *usability*, antarmuka dirancang agar mudah digunakan dan responsif sehingga dapat diakses melalui berbagai ukuran layar. Sistem juga ditargetkan memiliki *response time* kurang dari tiga detik untuk memastikan performa yang memadai, serta kompatibel dengan berbagai *browser* modern. Rincian kebutuhan non-fungsional sistem disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Non-Fungsional

No	Kebutuhan Non-Fungsional	Keterangan
1	Keamanan	Proteksi CSRF, validasi <i>input</i> , enkripsi <i>password</i>
2	<i>Usability</i>	Antarmuka yang mudah digunakan dan responsif
3	Performa	<i>Response time</i> kurang dari 3 detik
4	Kompatibilitas	Dapat diakses melalui berbagai browser

3.2 Hasil Perancangan Sistem

1) Use Case Diagram

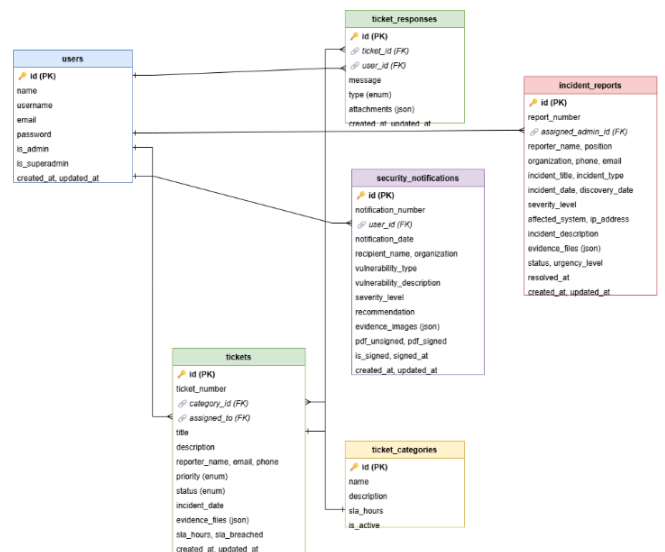


Gambar 2. Use Case Diagram Sistem Informasi CSIRT

Gambar 2 menunjukkan *Use Case Diagram* sistem informasi CSIRT yang menggambarkan interaksi aktor dengan sistem. Aktor dalam sistem terdiri dari:

- a) **Super Admin:** Memiliki hak akses penuh terhadap seluruh fitur sistem termasuk manajemen pengguna dan konfigurasi sistem
- b) **Admin:** Dapat mengelola tiket, laporan insiden, dan konten website
- c) **User/Pelapor:** Dapat membuat tiket pengaduan dan melihat status tiket

2) Entity Relationship Diagram (ERD)



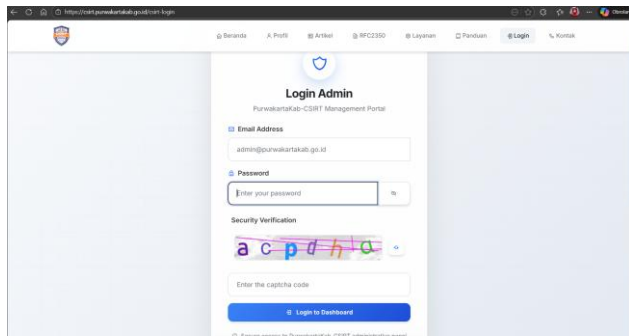
Gambar 3. Entity Relationship Diagram (ERD)

Gambar 3 menunjukkan struktur basis data sistem yang terdiri dari beberapa tabel utama. Tabel utama dalam sistem meliputi:

- a) **users**: Menyimpan data pengguna
- b) **tickets**: Menyimpan data tiket pengaduan
- c) **ticket_categories**: Menyimpan kategori tiket
- d) **ticket_responses**: Menyimpan respons tiket
- e) **incident_reports**: Menyimpan laporan insiden siber
- f) **security_notifications**: Menyimpan surat pemberitahuan celah keamanan
- g) **dinas_reports**: Menyimpan laporan per dinas/OPD

3.3 Hasil Implementasi Sistem

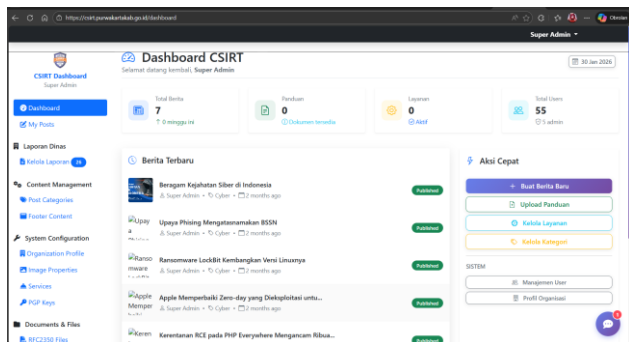
1) Halaman Login



Gambar 4. Halaman Login

Gambar 4 menunjukkan halaman login sistem yang dilengkapi dengan validasi input dan proteksi keamanan.

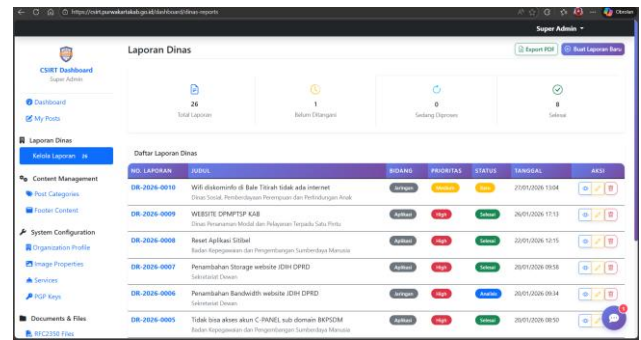
2) Dashboard



Gambar 5. Halaman Dashboard

Gambar 5 menunjukkan halaman dashboard administrator yang menampilkan laporan insiden, tiket, dan informasi penting lainnya. Perancangan dashboard mengacu pada prinsip desain berbasis pengguna agar data insiden dapat divisualisasikan secara efektif dan mendukung proses pengambilan keputusan [23].

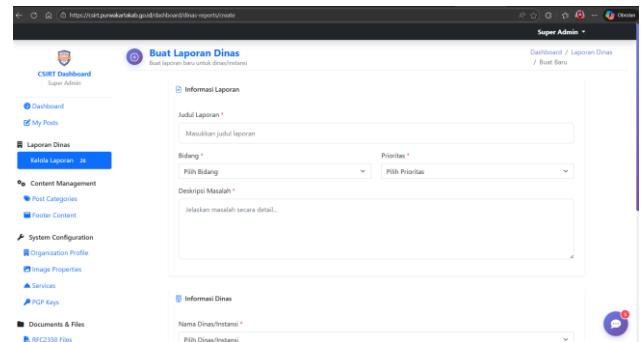
3) Halaman Manajemen Laporan



Gambar 6. Halaman Manajemen Laporan

Gambar 6 menunjukkan halaman manajemen laporan dinas yang menampilkan tabel laporan user. Fitur manajemen tiket meliputi:

- a) Detail tiket dengan informasi lengkap pelapor dan insiden
 - b) Sistem respons tiket dengan komentar
 - c) Perubahan status tiket.
 - d) Penugasan tiket kepada administrator
- #### 4) Halaman Laporan Insiden Siber

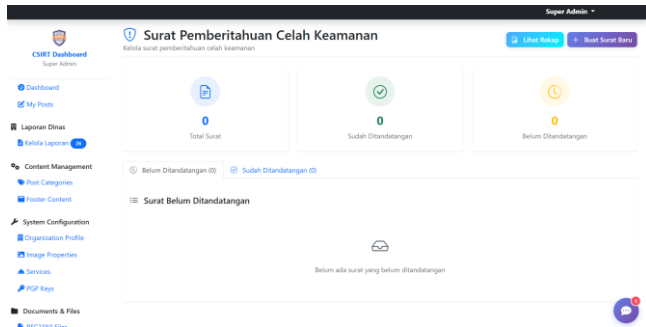


Gambar 7. Halaman Laporan Insiden Siber

Gambar 7 menunjukkan halaman formulir pelaporan insiden siber. Formulir pelaporan insiden mencakup:

- a) Data pelapor (nama, jabatan, organisasi, kontak)
- b) Detail insiden (tanggal, jenis, deskripsi)
- c) Klasifikasi severity level (Low, Medium, High, Critical)
- d) Sistem yang terdampak
- e) Bukti pendukung (upload file)
- f) Bantuan yang dibutuhkan

5) Halaman Surat Pemberitahuan Celah Keamanan



Gambar 8. Halaman Surat Pemberitahuan Celah Keamanan

Gambar 8 menunjukkan halaman manajemen surat pemberitahuan celah keamanan dengan fitur *auto-generate* PDF. Fitur surat pemberitahuan meliputi:

- Formulir pembuatan surat dengan detail kerentanan
- Klasifikasi *severity* (*Critical, High, Medium, Low*)
- Upload* bukti gambar (*evidence*)
- Generate* PDF otomatis dengan template resmi
- Rekap surat yang belum dan sudah ditandatangani

3.4 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memvalidasi fungsionalitas sistem [24]. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Black Box Testing*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Login dengan <i>username</i> dan <i>password</i> valid	Masuk ke <i>dashboard</i> sesuai level pengguna	Sesuai	✓ Valid
2	Login dengan <i>password</i> salah	Menampilkan pesan <i>error</i>	Sesuai	✓ Valid
3	Membuat tiket baru dengan data lengkap	Tiket tersimpan dan nomor tiket <i>generate</i>	Sesuai	✓ Valid
4	Membuat tiket dengan data tidak lengkap	Menampilkan validasi <i>error</i>	Sesuai	✓ Valid
5	Mengubah status tiket	Status tiket berubah dan tersimpan	Sesuai	✓ Valid
6	Menambah respons tiket	Respons tersimpan dan ditampilkan	Sesuai	✓ Valid
7	Membuat laporan insiden baru	Laporan tersimpan dengan nomor otomatis	Sesuai	✓ Valid
8	<i>Upload</i> bukti insiden	<i>File</i> berhasil di- <i>upload</i>	Sesuai	✓ Valid
9	Membuat surat celah keamanan	Surat tersimpan dan PDF <i>generate</i>	Sesuai	✓ Valid

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
10	<i>Download</i> PDF surat	PDF berhasil di- <i>download</i>	Sesuai	✓ Valid
11	<i>Export</i> rekap laporan ke PDF	PDF rekap berhasil di- <i>generate</i>	Sesuai	✓ Valid
12	Mengelola data pengguna	CRUD pengguna berfungsi dengan baik	Sesuai	✓ Valid

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario pengujian menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan yang telah didefinisikan.

3.5 Pembahasan

Sistem informasi CSIRT yang dikembangkan menggunakan *framework* Laravel berhasil memenuhi kebutuhan operasional tim CSIRT Diskominfo Kabupaten Purwakarta. Penggunaan model *prototyping* dalam pengembangan sistem memungkinkan keterlibatan aktif pengguna dalam setiap iterasi, sehingga sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna [25]. Kelebihan sistem yang dikembangkan meliputi:

- Terintegrasi dalam satu platform untuk seluruh aktivitas CSIRT
- Nomor tiket dan laporan *generate* secara otomatis
- Auto-generate* PDF untuk surat pemberitahuan celah keamanan
- Klasifikasi *severity level* untuk prioritas penanganan
- Notifikasi *email* otomatis kepada administrator

Keterbatasan sistem yang perlu dikembangkan lebih lanjut meliputi:

- Belum terintegrasi dengan sistem eksternal seperti BSSN
- Belum tersedia aplikasi *mobile*

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan Sistem Informasi CSIRT berbasis web menggunakan *framework* Laravel dengan metode *prototyping* pada Diskominfo Kabupaten Purwakarta. Penggunaan metode *prototyping* memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dengan melibatkan partisipasi aktif pengguna, sehingga sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan operasional tim CSIRT dalam menangani insiden keamanan siber di lingkungan pemerintah daerah.

Sistem yang dikembangkan memiliki fitur-fitur utama meliputi manajemen tiket pengaduan insiden siber dengan klasifikasi prioritas dan *Service Level Agreement* (SLA),

pelaporan insiden keamanan siber dengan klasifikasi *severity level*, pembuatan surat pemberitahuan celah keamanan dengan fitur *auto-generate* PDF, serta *dashboard* rekap dan statistik untuk monitoring insiden. Hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsionalitas sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi dengan menghasilkan model pengembangan sistem informasi CSIRT berbasis web yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam domain keamanan siber di lingkungan pemerintah daerah serta penerapan metode *prototyping* yang menekankan keterlibatan aktif pengguna akhir. Secara praktis, sistem yang dikembangkan mampu memberikan solusi nyata bagi Diskominfo Kabupaten Purwakarta dalam pengelolaan insiden keamanan siber secara lebih terstruktur dan terdokumentasi, sehingga dapat menggantikan proses manual yang selama ini digunakan, mempercepat respons, serta meningkatkan akuntabilitas penanganan insiden. Dari sisi kebijakan, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi pemerintah daerah lainnya dalam mengembangkan sistem serupa sebagai bentuk implementasi pembentukan CSIRT di tingkat daerah, sekaligus mendukung terciptanya ekosistem keamanan siber nasional yang terintegrasi sesuai dengan regulasi perlindungan infrastruktur informasi vital.

Untuk pengembangan ke depan, sistem disarankan dapat terintegrasi dengan sistem pelaporan BSSN guna mendukung koordinasi penanganan insiden secara nasional, dilengkapi fitur notifikasi *real-time*, serta dikembangkan dalam bentuk aplikasi *mobile* agar memudahkan proses pelaporan insiden.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Purwakarta yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian magang dan dukungan dalam pengembangan Sistem Informasi CSIRT ini. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alfi, N. P. Yundari, and A. Tsaqif, "Analisis Risiko Keamanan Siber dalam Transformasi Digital Pelayanan Publik di Indonesia," *Jurnal Kajian Stratejik Ketahanan Nasional*, vol. 6, no. 2, p. 5, 2023.
- [2] A. S. A. Ilaina and I. F. Nugraha, "Kesenjangan Kapabilitas Keamanan Siber Indonesia dalam Mitigasi Serangan Siber pada Layanan Publik Digital tahun 2020-2025," *Triwikrama: Jurnal Ilmu Sosial*, vol. 8, no. 6, pp. 141–150, 2025.
- [3] S. Susniwati, A. Ardiyansah, and D. Sukorina, "Good governance di era digital: Studi kasus implementasi e-government di Indonesia," *PANDITA: Interdisciplinary Journal of Public Affairs*, vol. 8, no. 1, pp. 220–234, 2025.
- [4] S. S. Harahap, M. Halkis, and R. Sutanto, "Advanced Persistent Threat (APT) sebagai Ancaman Perang Siber Asimetris Terhadap Pemerintah Indonesia," *Innovative: Journal Of Social Science Research*, vol. 5, no. 3, pp. 4465–4485, 2025.
- [5] M. Alfikri and I. Ahmad, "Evaluasi Implementasi Kebijakan Pembentukan Tim Tanggap Insiden Siber pada Sektor Pemerintah," *Matra Pembaruan: Jurnal Inovasi Kebijakan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–14, 2022.
- [6] D. K. Iqram, I. Agusyanda, and D. H. Sitorus, "Revisi Undang-Undang TNI Dan Hak Digital Warga Negara: Antara Keamanan Nasional Dan Tantangan Demokrasi Digital," *Journal Kompilasi Hukum*, vol. 10, no. 2, pp. 412–429, 2025.
- [7] I. N. Rachmawati, S. R. Natasia, and I. P. D. A. S. Prabowo, "Perancangan Dokumen Standard Operating Procedure (SOP) Pada Proses Incident Management Di PT. XYZ," *Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2020.
- [8] A. Najiyya and S. S. Wulandari, "Eksplorasi Implementasi Kebijakan Pembentukan Computer Security Incident Response Team (Csirt) di Kementerian Perdagangan: Sebuah Studi Kualitatif," *JRAM (Jurnal Riset Akuntansi Multiparadigma)*, vol. 10, no. 1, pp. 50–55, 2023.
- [9] T. Mary and N. Febriyani, "Peningkatan Keamanan Sistem Informasi Berbasis Laravel 12 dengan Rate Limiting dan Role-Based Access Control (RBAC)," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 7, no. 3, pp. 473–481, 2025.
- [10] N. Farid and T. Sutabri, "Rancangan Aplikasi Penjualan Berbasis Web Dengan Metode Prototype," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 9–14, 2024.
- [11] V. A. Kurniyanti and D. Murdiani, "Perbandingan Model Waterfall Dengan Prototype Pada Pengembangan System Informasi Berbasis Website," *Jurnal Syntax Fusion*, vol. 2, no. 08, pp. 669–675, 2022.
- [12] M. R. Wayahdi and F. Ruziq, "Pemodelan sistem penerimaan anggota baru dengan unified modeling language (UML)(Studi kasus: Programmer

- Association of Battuta),” *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 1514–1521, 2023.
- [13] J. Friadi, D. P. Yani, M. Zaid, and A. Sikumbang, “Perancangan Pemodelan Unified Modeling Language Sistem Antrian Online Kunjungan Pasien Rawat Jalan pada Puskesmas,” *Jurnal Ilmu Siber dan Teknologi Digital*, vol. 1, no. 2, pp. 125–133, 2023.
- [14] M. R. Wicaksono, “Rancang Bangun Sistem Informasi Donor Darah Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel (Studi Kasus: UDD PMI Provinsi Lampung),” Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2024.
- [15] S. Rahmawati, A. P. Juledi, and V. Sihombing, “Implementasi sistem informasi manajemen dalam perguruan tinggi: Studi kasus tentang efisiensi operasional dan pelayanan mahasiswa,” *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (Jikomsis)*, vol. 7, no. 1, pp. 75–77, 2024.
- [16] W. P. Tambunan, R. Fauzi, and E. N. Alam, “Perancangan Front End Peer-To-Peer Lending Syariah Berbasis Website Menggunakan Metode Prototyping Untuk Memenuhi Kebutuhan Pengguna,” *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 2, pp. 669–682, 2024.
- [17] A. Satrio, D. Yusup, and C. Carudin, “Perancangan Sistem Layanan Restoran Dengan Metode Design Thinking Dan Prototyping Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 6, pp. 3128–3134, 2023.
- [18] N. Khairunnisa, R. R. Danny, and R. Tantowi, “Perancangan aplikasi review kuliner berbasis Android dengan metode prototype pada Kedai Griya Kuliner,” *Indonesian Journal of Networking and Security (IJNS)*, vol. 13, no. 2, 2024.
- [19] A. Z. D. N. Adiya, D. L. Anggraeni, and I. Albana, “Analisa Perbandingan Penggunaan Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, Iterative, Spiral, Rapid Application Development (RAD)),” *Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 4, pp. 122–134, 2024.
- [20] I. Sommerville, *Software Engineering. 10th Edition*. Pearson Education, 2016.
- [21] N. Rahma and N. Mayesti, “Pengendalian Hak Akses pada Electronic Document and Records Management System di Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia,” *Jurnal Kajian Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan. Departemen Ilmu Perpustakaan dan Informasi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Indonesia. ISSN*, pp. 2302–4666, 2019.
- [22] N. P. Berniawan, H. Saptono, and E. Zaida, “Pengembangan Antarmuka Web Analitik Log Deteksi Intrusi Jaringan Berbasis Suricata Menggunakan Dash,” *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 11, no. 2, pp. 151–157, 2025.
- [23] M. I. Wahyudi and E. P. Silmina, “Desain Web Dashboard Berbasis Pengguna: Menggunakan Design Thinking untuk Meningkatkan Pengelolaan Data,” *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 11, no. 2, pp. 85–91, 2025.
- [24] U. Saputra, N. Astrianda, B. R. Nasution, A. A. Anggara, R. S. Qaisa, and A. E. Jakfar, “Analisa Pengujian Sistem Informasi Website E-Commerce Bali-Store Menggunakan Metode Black Box Testing,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 95–102, 2023.
- [25] H. Situmorang and M. I. Zul, “Implementasi Metodologi Prototype dalam Pengembangan Sistem Manajemen Kehadiran Pegawai Perusahaan Berbasis Web,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 6, no. 3, pp. 260–270, 2024.



SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK DETEKSI DINI FAKTOR RISIKO *STUNTING* PADA IBU HAMIL DENGAN METODE SAW

Dwidya Poernareksa¹, Faizah Wardhina², Uswatun Hasanah³, Ledy Ramadhaningsih⁴

^{1,2,3}Perekam dan Informasi Kesehatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Husada Borneo

⁴Sarjana Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Husada Borneo

Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia 70712

poernareksa2@gmail.com, fwardhina@gmail.com, uswatun.hasanahh0802@gmail.com, ledyramadhan81@gmail.com

Abstract

Stunting remains a critical public health challenge in Indonesia, with a prevalence of 21.5% according to the 2023 Indonesian Health Survey. The nutritional status of pregnant women is a pivotal factor in the prevention. This study aims to implement a Decision Support System (DSS) using the Simple Additive Weighting (SAW) method to assess the risk of Chronic Energy Deficiency (CED) in pregnant women as a proactive measure to prevent stunting. The research analyzed data from 70 pregnant women at a public health center (Puskesmas) using four clinical criteria: height (10% weight), body weight (20%), Mid-Upper Arm Circumference/MUAC (45%), and hemoglobin levels (25%). Data were collected through observation, interviews with healthcare professionals, and ANC medical record documentation, subsequently processed using the SAW algorithm for risk ranking. The implementation results identified 54 women (77.14%) at low risk, 13 (18.57%) at moderate risk, and 3 (4.29%) at high risk. The system was evaluated using a confusion matrix, which yielded a high accuracy of 96%. This system can be integrated into primary healthcare centers (Puskesmas) and integrated healthcare posts (Posyandu) to facilitate precise and rapid interventions for CED risks, effectively replacing traditional manual processes.

Keywords: *Chronic Energy Deficiency, Decision Support System, Simple Additive Weighting, Stunting, Pregnant Women*

Abstrak

Stunting merupakan masalah kesehatan serius di Indonesia dengan prevalensi 21,5% menurut Survei Kesehatan Indonesia pada tahun 2023, di mana status gizi ibu hamil menjadi faktor dalam pencegahannya. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk mendeteksi risiko Kekurangan Energi Kronis (KEK) pada ibu hamil sebagai upaya pencegahan *stunting*. Penelitian dilakukan dengan menganalisis data 70 ibu hamil di Puskesmas menggunakan empat kriteria: tinggi badan (bobot 10%), berat badan (20%), Lingkar Lengan Atas/LILA (45%), dan hemoglobin (25%). Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara dengan tenaga kesehatan, dan dokumentasi rekam medis *ANC*, kemudian diolah menggunakan metode SAW untuk perankingan. Hasil implementasi menunjukkan dari 70 ibu hamil: 54 orang (77,14%) berisiko rendah, 13 orang (18,57%) berisiko sedang, dan 3 orang (4,29%) berisiko tinggi. Sistem ini juga dilakukan evaluasi dengan model *confussion matrix*. Berdasarkan pengujian terhadap 70 data ibu hamil, sistem pendukung keputusan ini menunjukkan tingkat akurasi sebesar 96%. Sistem dengan metode ini dapat digunakan pada puskesmas dan posyandu dengan harapan proses penanganan dan intervensi risiko KEK pada ibu hamil bisa dilakukan dengan tepat dan cepat untuk menggantikan proses yang sebelumnya berjalan manual.

Kata kunci: *Ibu Hamil, Kekurangan Energi Kronis, Simple Additive Weighting, Sistem Pendukung Keputusan, Stunting*

1. PENDAHULUAN

Stunting masih menjadi salah satu tantangan krusial dalam agenda pembangunan kesehatan nasional yang memerlukan perhatian serius dari berbagai pihak di Indonesia. Hasil Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 mencatat prevalensi *stunting* nasional sebesar 21,5%.

Walaupun terdapat tren penurunan dari tahun-tahun sebelumnya, angka ini nyatanya masih melampaui standar maksimal yang ditetapkan *WHO*, yaitu di bawah 20%. Statistik tersebut juga menggambarkan bahwa satu dari lima balita di Indonesia menderita gangguan pertumbuhan kronis [1]. Dampak *stunting* tidak terbatas

pada aspek fisik semata, melainkan juga mengancam perkembangan kognitif, sistem imun, serta potensi produktivitas anak di masa depan. Lebih jauh, *stunting* telah dikaitkan dengan siklus kemiskinan antar generasi, menjadikannya isu yang tidak hanya menimbulkan konsekuensi medis, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan ekonomi. Oleh sebab itu, percepatan penurunan *stunting* menjadi prioritas utama dalam program nasional percepatan pembangunan sumber daya manusia [2]. Hal ini menegaskan bahwa kekurangan gizi dalam waktu lama berdampak buruk pada masa depan anak, khususnya jika terjadi pada fase krusial antara masa kehamilan hingga dua tahun pertama kehidupan. Penting untuk dipahami bahwa *stunting* bukan hanya soal anak yang bertubuh pendek. Anak yang mengalami *stunting* juga berisiko menghadapi hambatan kecerdasan dan daya tahan tubuh yang lemah. Bahkan, mereka memiliki potensi lebih tinggi untuk menderita penyakit tidak menular, seperti hipertensi dan diabetes, di masa depan [3]. Secara jangka panjang, *stunting* berpotensi menghambat kualitas sumber daya manusia dengan menurunkan prestasi akademik serta membatasi produktivitas ekonomi individu saat memasuki usia kerja [4]. Balita yang mengalami *stunting* berisiko menghadapi berbagai dampak jangka panjang, termasuk peningkatan risiko penyakit tidak menular pada usia dewasa seperti diabetes, obesitas, penyakit kardiovaskular, kanker, dan *stroke*. Kondisi tersebut juga dapat menyebabkan disabilitas pada usia lanjut serta menurunkan kualitas dan daya saing tenaga kerja, sehingga berimplikasi pada rendahnya produktivitas ekonomi [5].

Stunting merupakan persoalan kompleks yang tidak disebabkan oleh satu faktor saja. Penyebab utamanya meliputi asupan gizi yang tidak mencukupi dalam waktu lama dan paparan penyakit infeksi yang berulang. Namun, masalah ini juga berakar pada kondisi sosial yang lebih luas, seperti taraf pendidikan orang tua, daya beli keluarga, hingga faktor lingkungan seperti ketersediaan sanitasi yang layak dan kemudahan akses terhadap fasilitas kesehatan. Dari berbagai faktor tersebut, status gizi ibu selama kehamilan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan status gizi anak [6]. Status gizi ibu saat hamil sangat menentukan nasib pertumbuhan janin. Ibu yang menderita anemia atau Kekurangan Energi Kronis (KEK) memiliki risiko jauh lebih besar untuk melahirkan bayi BBLR, yang menjadi salah satu pemicu awal terjadinya *stunting* [7].

Periode 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK) merupakan masa yang sangat penting sehingga intervensi pencegahan *stunting* perlu difokuskan pada tahap ini, karena berpengaruh besar terhadap kualitas kesehatan anak di masa mendatang [8]. Anak-anak di usia dini melewati periode keemasan, sebuah masa di mana fisik dan mental mereka berkembang dengan sangat cepat. Nutrisi memegang peranan kunci dalam mendukung proses ini. Oleh karena itu, memastikan anak mendapatkan gizi yang seimbang sangatlah penting, terutama untuk

memaksimalkan perkembangan otak yang sangat bergantung pada asupan makanan mereka [9]. Selama periode ini, proses pembentukan organ tubuh, pematangan sistem saraf pusat, serta pertumbuhan fisik dan perkembangan kognitif terjadi sangat cepat dan merupakan fase yang tidak dapat diulang pada tahap kehidupan selanjutnya [10]. Periode 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK), yang berlangsung sejak masa konsepsi hingga usia dua tahun, merupakan fase krusial dalam menentukan pertumbuhan fisik dan perkembangan kognitif anak. Memberikan layanan gizi dan kesehatan kepada ibu hamil merupakan salah satu strategi untuk menghentikan *stunting*. Mengingat dampak *stunting* terhadap IQ dan Kesehatan anak-anak seiring bertambahnya usia, upaya ini sangatlah penting [11]. Meskipun upaya pencegahan *stunting* telah diimplementasikan sebagai program di tingkat daerah maupun nasional, masih terdapat sebagian orang tua yang kurang memperhatikan aspek pertumbuhan dan perkembangan anak, termasuk terkait *stunting*. Hal ini terjadi karena sebagian orang tua masih memiliki keterbatasan dalam memperoleh informasi terkait tumbuh kembang anak. Di samping itu, keterbatasan waktu juga menjadi kendala bagi orang tua untuk melakukan pemantauan pertumbuhan anak secara rutin melalui kunjungan ke Puskesmas maupun Posyandu [12].

Registrasi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam skrining ibu hamil (*ANC*) untuk mengetahui kondisi kesehatan ibu dan janin. Baik buku register maupun buku Kesehatan Ibu dan Anak (KIA) memuat temuan setiap pemeriksaan kehamilan [11]. Dalam pelaksanaan kegiatan Posyandu, proses pencatatan dan pengolahan data terkait *stunting* masih banyak dilakukan secara manual. Balita yang datang ke Posyandu terlebih dahulu dicatat pada lembar kehadiran, kemudian dilakukan penimbangan dan hasilnya dicatat dalam Buku Kesehatan Ibu dan Anak (KIA). Selanjutnya, analisis data dilakukan oleh bidan setelah kegiatan Posyandu selesai dengan meninjau riwayat pencatatan sebelumnya. Kondisi ini sering menimbulkan kendala bagi kader dalam proses pencarian data pada buku atau rekapitulasi, karena pencatatan masih dilakukan secara tulis tangan dan biasanya hanya mudah dipahami oleh kader yang menuliskannya. Selain itu, sistem pencatatan berbasis kertas juga dinilai kurang efisien dari segi penyimpanan dan pengelolaan data [13].

Permasalahan *stunting* tidak dapat ditangani hanya melalui program perbaikan gizi semata, tetapi memerlukan integrasi dengan berbagai program lintas sektor lainnya. Kompleksitas permasalahan *stunting* serta keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam pelaksanaan intervensi gizi spesifik dan sensitif menuntut adanya pelaksanaan program yang terkoordinasi dan terpadu dengan sasaran prioritas. Identifikasi *stunting* merupakan salah satu upaya penting dalam meningkatkan derajat kesehatan balita. Namun, dalam praktiknya penentuan status *stunting* pada balita masih sering didasarkan pada pengukuran tinggi badan dan berat badan saja, sehingga

proses pengambilan keputusan menjadi kurang optimal dan berpotensi menimbulkan kesalahan dalam penetapan status *stunting* pada anak [14].

Berdasarkan hasil pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh [11], telah dirancang sebuah Sistem Informasi Pemantauan Kesehatan dan Status Gizi Ibu Hamil sebagai upaya pencegahan *stunting* sebagai sarana pemanfaatan teknologi informasi untuk skrining Kesehatan Ibu Hamil. Fokus yang dipantau pada Sistem Informasi ini adalah data kehamilan dan status gizi ibu hamil yang diunggah oleh kader, bidan, dan ahli gizi. Akan tetapi, aplikasi ini hanya terbatas pada pendataan dan penginputan data saja sehingga bidan dan ahli gizi harus mengambil keputusan secara manual terhadap data yang ada pada sistem. Aplikasi pemantauan ini bisa dikembangkan, yaitu berupa sistem pendukung keputusan agar mempermudah untuk menentukan dan memberikan referensi penanganan dan skrining ada ibu hamil. Implementasi teknologi informasi dapat dilakukan melalui pengembangan sistem pendukung keputusan yang mempertimbangkan beberapa kriteria dalam proses perhitungannya untuk menghasilkan nilai sebagai dasar dalam pengambilan keputusan. Proses tersebut dapat menggunakan berbagai metode yang dipilih sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik pengguna [15].

Dalam hal ini, Sistem Pendukung Keputusan (SPK) memainkan peran utama sebagai teknologi berbasis data yang memberikan solusi untuk menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam proses pengolahan informasi, tetapi juga memungkinkan organisasi untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat melalui pemanfaatan data yang tersedia [16]. Istilah *Management Decision System* yang diperkenalkan oleh Michael S. Scott Morton pada tahun 1970 menjadi cikal bakal lahirnya konsep Sistem Pendukung Keputusan (SPK). Gagasan ini kemudian memicu gelombang riset dan pengembangan yang masif di kalangan korporasi serta institusi akademik. Secara fungsional, SPK dikembangkan untuk mengawal seluruh fase pengambilan keputusan, mulai dari pendefinisian masalah dan seleksi data, hingga pemilihan metodologi dan penilaian terhadap berbagai opsi solusi yang ada [17]. Implementasi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) memberikan kontribusi nyata dalam optimalisasi sumber daya, baik dari aspek waktu, tenaga, maupun biaya. Secara substansial, SPK bertujuan menyelaraskan efektivitas (*do the right things*) dengan efisiensi (*do the things right*) dalam setiap kebijakan yang diambil. Sebagai sistem informasi berbasis data, SPK berperan sebagai instrumen pendukung bagi pihak manajerial dalam merumuskan solusi atas berbagai tantangan organisasi yang kompleks [18].

Penelitian ini menerapkan konsep Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dengan mengimplementasikan metode *Simple Additive Weighting* (SAW). Metode ini merupakan

salah satu teknik yang sangat populer dan sering diaplikasikan dalam penyelesaian masalah pengambilan keputusan. Prinsip yang diterapkan pada metode ini adalah menghasilkan nilai akhir yang diperoleh melalui penjumlahan terbobot dari nilai kinerja setiap alternatif terhadap seluruh atribut yang menjadi kriteria penilaian [19]. Metode ini memerlukan tahapan perhitungan berupa normalisasi matriks keputusan (X) ke dalam suatu skala yang memungkinkan perbandingan antar seluruh nilai alternatif. Dalam skema pembobotan SAW, dikenal dua sifat kriteria yang saling berlawanan: *cost* dan *benefit*. Pada kriteria bersifat *cost*, semakin kecil nilai yang diperoleh, semakin tinggi prioritasnya. Sebaliknya, pada kriteria *benefit*, nilai yang lebih besar dianggap lebih menguntungkan dan menjadi acuan utama dalam menentukan peringkat [20]. Keunggulan metode SAW terletak pada objektivitasnya dalam memproses keputusan, di mana setiap kriteria diberikan bobot prioritas untuk menjamin ketepatan hasil. Melalui tahapan pembobotan dan pemeringkatan, metode ini mampu menyaring sejumlah besar alternatif secara efisien guna mengidentifikasi pilihan terbaik yang paling sesuai dengan kebutuhan [21].

Metode SAW diimplementasikan untuk meningkatkan efektivitas kerja kader kesehatan dalam melakukan pemantauan anak *stunting*. Melalui pendekatan ini, pemantauan kesehatan anak tidak hanya menjadi lebih mudah, tetapi juga memberikan data yang lebih akurat untuk tindak lanjut intervensi [22]. Langkah menerapkan metode SAW dalam penilaian gizi balita dinilai tepat karena sistem pendukung keputusan ini mampu mengolah berbagai kriteria [23]. Dengan demikian, pengembangan dan penerapan sistem informasi berbasis web yang adaptif dan terintegrasi menjadi sangat penting sebagai solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi pelayanan di Posyandu [24].

Dengan demikian, peneliti ingin mengimplementasikan sistem pendukung keputusan agar mempermudah dalam pengambilan keputusan untuk pencegahan risiko *stunting* lebih dini, yaitu dari anak masih dalam kandungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Simple Additive Weighting* (SAW), disebut sebagai metode penjumlahan terbobot. Teknis dari metode ini adalah mengukur skor kinerja setiap alternatif dengan menjumlahkan seluruh nilai kriteria setelah dikalikan dengan bobotnya masing-masing. Dengan kata lain, SAW membantu kita menentukan peringkat terbaik berdasarkan akumulasi nilai kriteria yang sudah ditentukan [25]. Hasil pembobotan dan pemeringkatan memudahkan proses evaluasi di setiap alternatif. Hasil akhirnya adalah urutan prioritas yang memperlihatkan alternatif mana yang paling optimal sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan [26].

2.1 Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui teknik observasi dengan pengamatan langsung di lapangan. Langkah ini diambil guna memperoleh pemahaman mendalam mengenai profil subjek serta alur sistem dalam menentukan status gizi ibu hamil yang memiliki risiko Kurang Energi Kronis (KEK). Kemudian pengumpulan data secara wawancara, dengan melakukan wawancara kepada bidan, ahli gizi, dan kader sebagai garda terdepan untuk melakukan pelayanan kesehatan ibu hamil. Dari hasil wawancara ini didapatkan kriteria dan bobot kriteria yang nantinya akan diolah dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW). Selanjutnya adalah dokumentasi dari data ANC Ibu hamil berbentuk *file* pada pelaksanaan pelayanan kesehatan di Puskesmas. Subjek pada penelitian kali ini adalah data ibu hamil yang melakukan ANC yang dihimpun oleh Puskesmas. Adapun kriteria objek pada penelitian kali ini meliputi tinggi badan, berat badan, lingkaran lengan atas (LILA), hemoglobin, dan tekanan darah.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian kali ini mengacu pada tahapan dalam metode SAW. Tahapan tersebut diantaranya adalah menentukan pengambilan kriteria keputusan, Langkah berikutnya adalah menetapkan bobot kriteria menggunakan skala persentase 0 hingga 100, di mana nilai tersebut ditentukan berdasarkan urutan prioritas yang paling krusial. Setelah pembobotan selesai, setiap kriteria pada masing-masing alternatif diberikan nilai (skor). Tahap ini diakhiri dengan menghitung nilai *utility* untuk setiap kriteria guna menstandarisasi performa tiap alternatif. Adapun persamaan pada langkah ke-2 adalah sebagai berikut:

$$r_{ij} = \left\{ \frac{X_{ij}}{\max X_{ij}} \text{ Jika } j \text{ Adalah Atribut Benefit} \right\} \quad (2.1)$$

$$r_{ij} = \left\{ \frac{\min_{ij}}{X_{ij}} \text{ Jika } j \text{ Adalah Atribut Cost} \right\} \quad (2.2)$$

Keterangan:

r_{ij} = Nilai *rating* kinerja ternormalisasi

X_{ij} = Nilai atribut yang dimiliki dari setiap kriteria

$\max X_{ij}$ = Nilai maksimum dari setiap kriteria

$\min X_{ij}$ = Nilai minimum dari setiap kriteria

Untuk menentukan nilai *utility* dari masing-masing kriteria, digunakan persamaan berikut:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (2.3)$$

Keterangan:

V_i = Nilai profesi dari alternatif ke-i

w_j = Bobot dari kriteria ke-j

r_{ij} = Nilai normalisasi dari alternatif kepada kriteria ke-

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Metode *Simple Additive Weighting*

Adapun perhitungan bobot dan kriteria pada kali ini didasarkan pada hasil wawancara kepada ahli gizi, bidan, dan kader dari puskesmas. Didapat kriteria dan bobot seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria dan Bobot

Kode	Kriteria	Jenis	Bobot	Normalisasi
C1	Tinggi Badan	<i>Benefit</i>	10%	0.1
C2	Berat Badan	<i>Benefit</i>	20%	0.2
C3	LILA	<i>Benefit</i>	45%	0.45
C4	Hemoglobin	<i>Benefit</i>	25%	0.25

Setelah dilakukan pembobotan, proses penilaian kriteria juga dihitung berdasarkan skala *likert* untuk menentukan derajat risiko deteksi dini ibu hamil. Adapun skala *likert* pada masing-masing kriteria terdapat pada tabel 2 sampai tabel 5 berikut.

Tabel 2. Skala Likert Untuk C1

Kriteria	Parameter	Skala Likert	Keterangan
C1: Tinggi Badan	< 145 cm	5	Sangat Berisiko
	145 – 149 cm	4	Berisiko
	150 – 154 cm	3	Cukup Berisiko
	155 – 159 cm	2	Risiko Rendah
	>160	1	Normal

Tabel 3. Skala Likert Untuk C2

Kriteria	Parameter	Skala Likert	Keterangan
C2: Berat Badan	< 40 kg	5	Sangat Berisiko
	40 – 45 kg	4	Berisiko
	46 – 50 kg	3	Cukup Berisiko
	51 – 55 kg	2	Risiko Rendah
	> 55 kg	1	Normal

Tabel 4. Skala Likert Untuk C3

Kriteria	Parameter	Skala Likert	Keterangan
C3: LILA	< 21,5 cm	5	Sangat Berisiko (KEK Berat)
	21,5 – 22,5 cm	4	Berisiko (KEK)

Kriteria	Parameter	Skala Likert	Keterangan
	22,6 – 23,5 cm	3	Batas Ambang Risiko
	23,6 – 25,0 cm	2	Risiko Rendah
	> 25,0 cm	1	Normal

Tabel 5. Skala Likert Untuk C4

Kriteria	Parameter	Skala Likert	Keterangan
C4: Hemogl obin (Hb)	< 8 g/dL	5	Anemia Berat
	8,0 – 9,9 g/dL	4	Anemia Sedang
	10,0 – 10,9 g/dL	3	Anemia Ringan
	11,0 – 11,9 g/dL	2	Normal Rendah
	>12,0 g/dL	1	Normal / Sangat Baik

Selanjutnya dilakukan identifikasi data sampel dari ibu hamil, diperoleh 70 data ibu hamil dengan memenuhi kriteria dari metode SAW. Data ibu hamil terdistribusi seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Data Ibu Hamil

No	Alternatif	C1	C2	C3	C4
1	IBU001	158	55	23	9.4
2	IBU002	150	52	25.5	13.1
3	IBU003	148.5	61	28	12.6
4	IBU004	149	47	28	9.9
5	IBU005	153	60	28	11.9
6	IBU006	150	45	54	11.8
7	IBU007	156	59	26.5	12.8
8	IBU008	160	59	26	10.3
9	IBU009	153	66	30.5	10.2
10	IBU010	148	44	23.9	10.3
.....					
70	IBU070	149	63	32	14.2

Setelah dilakukan identifikasi data sampel pada ibu hamil, tahap selanjutnya adalah melakukan normalisasi seluruh kriteria untuk nantinya akan dilakukan perbandingan pada perhitungan SAW. Adapun hasil pada tahap ini terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Data Normalisasi Kriteria

No	Alternatif	C1	C2	C3	C4
1	IBU001	0.4	0.2	0.6	0.8
2	IBU002	0.6	0.2	0.2	0.2
3	IBU003	0.8	0.2	0.2	0.2
4	IBU004	0.8	0.6	0.2	0.8
5	IBU005	0.6	0.2	0.2	0.4

No	Alternatif	C1	C2	C3	C4
6	IBU006	0.6	0.8	0.2	0.4
7	IBU007	0.4	0.2	0.2	0.2
8	IBU008	0.2	0.2	0.2	0.6
9	IBU009	0.6	0.2	0.2	0.6
10	IBU010	0.4	0.2	0.6	0.8
.....					
70	IBU070	0.8	0.2	0.2	0.2

Setelah melakukan normalisasi pada seluruh kriteria dari semua alternatif yang ada, dilakukan perhitungan SAW untuk menentukan akhir dari skor SAW yang didapat. Adapun perhitungan pada skor akhir SAW terdapat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Skor Akhir SAW

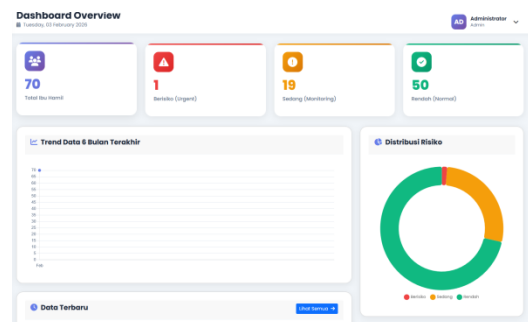
Alternatif	Skor SAW	Keterangan
IBU001	0.55	Risiko Sedang
IBU002	0.24	Risiko Rendah
IBU003	0.26	Risiko Rendah
IBU004	0.49	Risiko Rendah
IBU005	0.29	Risiko Rendah
IBU006	0.41	Risiko Rendah
IBU007	0.22	Risiko Rendah
IBU008	0.3	Risiko Rendah
IBU009	0.34	Risiko Rendah
IBU010	0.57	Risiko Sedang
.....		
IBU070	0.26	Risiko Rendah

3.2 Pembahasan

Proses perhitungan menggunakan metode SAW menggunakan basis *website*, dibuat dengan menggunakan Notepad ++ untuk pembuatannya. Adapun beberapa tampilan yang ada pada *website* ini adalah sebagai berikut:

a) Tampilan Halaman *Dashboard*

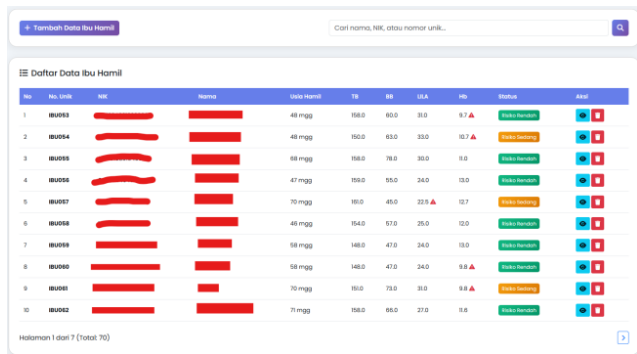
Pada halaman *dashboard*, beberapa menu atau fitur antara lain total data yang di-*input*, status yang berisiko, sedang, dan rendah pada perhitungan SAW. Serta grafik distribusi risiko yang digambarkan pada *pie diagram*. Tampilan *dashboard* digambarkan pada gambar 1.



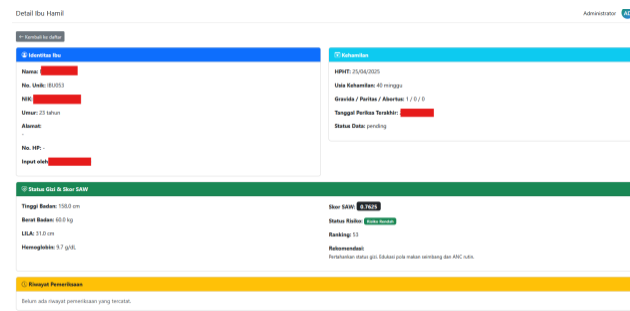
Gambar 1. *Dashboard Website*

b) Tampilan Data Ibu Hamil

Pada halaman data ibu hamil menampilkan detail dari data yang di-input oleh bidan maupun kader. Mulai dari nama, nik, no.unik, usia kehamilan, tinggi badan, berat badan, LILA, hemoglobin. Tampilan ini juga menampilkan detail dan hapus. Tampilan detail menampilkan detail pemeriksaan ataupun pemantauan status ibu hamil. Tampilan data ibu hamil digambarkan pada gambar 2. Detail Data Ibu Hamil pada sistem ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 2. Tampilan Data Ibu Hamil



Gambar 3. Tampilan Detail Data Ibu Hamil

c) Tampilan Matriks Keputusan

Tampilan matriks keputusan berisi rekapitulasi data asli dari alternatif yang ada. Berisi atribut dari kriteria yang masuk dalam perhitungan SAW. Adapun tampilan dari halaman ini adalah no unik, nama, c1, c2, c3, dan c4. Tampilan matriks keputusan ini digambarkan pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Matriks Keputusan Data Asli

d) Tampilan Matriks Normalisasi

Tampilan matriks normalisasi berisi seluruh alternatif dan kriteria yang sudah di normalisasi. Berikut adalah tampilan

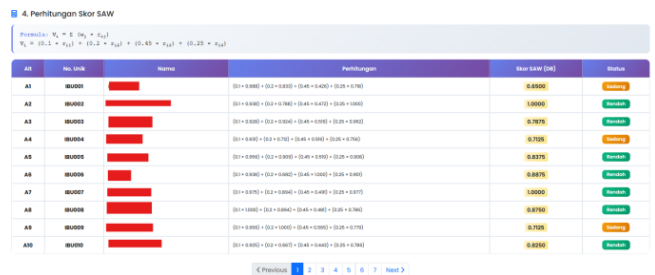
dari halaman matriks normalisasi. Tampilan matriks normalisasi, digambarkan pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Matriks Normalisasi

e) Tampilan Perhitungan SAW

Halaman ini berisi perhitungan SAW dari seluruh alternatif dan kriteria. Kemudian tampilan berisi juga skor SAW dan status risiko. Halaman perhitungan SAW digambarkan pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Perhitungan SAW

f) Evaluasi Hasil Perhitungan

Untuk mengukur tingkat ketepatan sistem pendukung keputusan dalam mengklasifikasikan risiko *stunting* pada ibu hamil, dilakukan pengujian menggunakan metode *Confusion Matrix*. Pengujian ini membandingkan hasil klasifikasi yang dikeluarkan oleh sistem dengan hasil diagnosa yang dilakukan oleh Ahli Gizi terhadap 70 sampel data ibu hamil.

Tabel 9. Confusion Matrix

	Sistem (Rendah)	Sistem (Sedang)	Sistem (Tinggi)
Ahli (Rendah)	54	2	0
Ahli (Sedang)	0	11	1
Ahli (Tinggi)	0	0	2

Berdasarkan tabel 9, didapatkan hasil bahwa akurasi pada sistem ini sebesar 96%. Selain itu, sistem mencapai nilai rata-rata presisi sebesar 84% dan rata-rata *recall* sebesar 96%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap 70 data ibu hamil di Puskesmas, penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dapat diterapkan dengan melibatkan alternatif tinggi badan, berat badan, LILA, dan hemoglobin. Hasil perhitungan menunjukkan

distribusi risiko Kurang Energi Kronis (KEK) dengan 54 orang (77,14%) berisiko rendah, 13 orang (18,57%) berisiko sedang, dan 3 orang (4,29%) berisiko tinggi. Berdasarkan hasil evaluasi dengan *confussion matrix*, sistem memiliki tingkat akurasi 96%, mencapai nilai rata-rata presisi sebesar 84% dan rata-rata *recall* sebesar 96%. Sistem dengan metode ini dapat digunakan pada puskesmas dan posyandu dengan harapan proses penanganan dan intervensi risiko KEK pada ibu hamil bisa dilakukan dengan tepat dan cepat untuk menggantikan proses yang sebelumnya berjalan manual. Adapun saran yang bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah integrasi bersifat *mobile*, dan data uji maupun data latih yang bisa diperbanyak lagi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada tim peneliti dari STIKes Husada Borneo yang terdiri dari dosen peneliti, dan mahasiswa yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini, serta pihak lain yang telah mendukung kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. K. P. K. Kemenkes, *Survei Kesehatan Indonesia Dalam angka*. Jakarta: Kemenkes, 2023.
- [2] A. Soliman *et al.*, “Early and Long-term Consequences of Nutritional Stunting: From Childhood to Adulthood,” *Updat Adolesc Med*, vol. 92, no. 4, pp. 1–12, 2021, doi: 10.23750/abm.v92i1.11346.
- [3] R. D. Muhammad, M. R. D. Mustakim, R. Irawan, M. Irmawati, and B. Setyofoedi, “Impact of Stunting on Development of Children between 1-3 Years of Age,” *Ethiop J Health Sci*, vol. 32, no. 3, 2022.
- [4] M. Nzayirambaho, “Economic Attributes and Childhood Stunting in Rwand: Case Study of the City of Kigali,” *Pan Afr Med J*, vol. 42, no. 157, pp. 1–13, 2022, doi: 10.11604/pamj.2022.42.157.30650.
- [5] M. Hastuty and D. A. Dhilon, “Faktor Riwayat Kehamilan Ibu yang Berhubungan dengan Stunting di Desa Ranah Singkuang Kampar Tahun 2020,” *J Doppler Univ Pahlawan Tuanku Tambusai*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2021.
- [6] T. Vaivada, N. Akseer, S. Akseer, A. Somaskandan, M. Stefopoulos, and Z. A. Bhutta, “Stunting in childhood: an overview of global burden, trends, determinants, and drivers of decline,” *Am J Clin Nutr*, vol. 112, no. 2, pp. 777S–791S, 2020, doi: 10.1093/ajcn/nqaa159.
- [7] Susilawati and S. O. B. Ginting, “IJOH: Indonesian Journal of Public Health,” *Indones J Public Heal*, vol. 01, no. 01, pp. 70–78, 2023, doi: <https://doi.org/10.61214/ijoh.v1i1.69>.
- [8] R. R. Kusumadewi, Kamidah, E. Yuliaswati, and Yuntafiatul, “Pengaruh Kelas Ibu Hamil terhadap Pencegahan *Stunting*,” *Avicenna J Heal Res*, vol. 7, no. 2, pp. 40–55, 2024, doi: <https://doi.org/10.36419/avicenna.v7i2.1206>.
- [9] S. Kurniasih and D. Yuniana, “Aplikasi Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Balita Stunting Di Usia 1 – 2 Tahun Menggunakan Metode Topsis (Studi Kasus: Posyandu Kutawaringin Bandung),” *Komput Bisnis*, vol. 16, pp. 1–8, 2023.
- [10] N. R. Alifah and Trimurtini, “2024 Madani : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Analisis Implementasi Nilai Karakter Peduli Terhadap Penerapan Program SDGs Nomor 2 2024 Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin,” *Madani J Ilm Multidisiplin*, vol. 2, no. 4, pp. 438–443, 2024, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11220937> Analisis.
- [11] F. Wardhina, D. Poernareksa, R. Gunarti, I. Kesehatan, and S. H. Borneo, “Perancangan Sistem Informasi Pemantauan Status Kesehatan dan Gizi Ibu Hamil Cegah Stunting,” vol. 5, no. 2, pp. 148–161, 2024, doi: 10.25047/j-remi.v5i2.4388.
- [12] A. Fatkhudin, Y. Prabowo, T. A. Wicaksono, “Sistem Informasi Pencegahan Stunting pada Anak di Kabupaten Pekalongan Berbasis Android,” *Saintekbu*, vol. 13, no. 02, pp. 12–20, 2021.
- [13] Y. A. Putri, S. Widodo, Y. Wisda, and T. Arif, “Rancang Bangun Sistem Informasi Pengolahan Data Stunting Balita Berbasis Web di Posyandu Kemuning 13,” pp. 497–506, 2023.
- [14] M. A. J. P. R. Haliq, and C. Irawan, “Sistem Pendukung Keputusan Balita Teridentifikasi Stunting Menggunakan Metode SAW,” *Jurnal Informatika*, vol. 22, no. 01, 2022.
- [15] Darsin and D. Triyana, “Sistem Penilaian Kinerja Karyawan dengan Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* (SAW),” *J Informasi dan Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 79–86, 2021, doi: 10.35959/jik.v9i1.197.
- [16] D. Handoko, “Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Beasiswa Menggunakan Metode Grey Relational Analysis,” *J Inf Technol Softw Eng Comput Sci*, vol. 2, no. 2, pp. 49–57, 2024, doi: <https://doi.org/10.58602/itsecs.v2i2.106>.
- [17] M. N. D. Satria, “Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Staff Administrasi Menggunakan Metode VIKOR,” *J Artif Intell Technol Inf*, vol. 1, no. 1, pp. 39–49, 2023, doi: <https://doi.org/10.58602/jaiti.v1i1.24>.
- [18] I. P. D. Suarnatha, “Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Ketua BEM Menggunakan Metode Profile Matching,” *J Inf Syst Manag*, vol. 4, no. 2, pp. 73–80, 2023, doi: <https://doi.org/10.24076/joism.2023v4i2.952>

- [19] A. Prabowo, W. P. Mustika, M. Idris, and A. Sanjaya, "Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Tumbuh Kembang Anak pada Posyandu dengan Metode SAW," *J Manaj Inform Jayakarta*, vol. 3, no. September, pp. 335–347, 2023, doi: <https://doi.org/10.52362/jmijayakarta.v3i4.1229>.
- [20] N. D. Apriani, N. Krisnawati, and Y. Fitrisari, "D. A. Siregar, dkk., "Implementasi Sistem Pendukung Keputusan dengan Metode SAW dalam Pemilihan Guru Terbaik," *Journal of Applied Computer Science and Information System*, vol. 1, no. 1, hlm. 1-7, 2021.," *JACIS J Autom Comput Inf Syst*, vol. 1, no. 1, pp. 37–45, 2020.
- [21] D. Darmastuti, "Implementasi Metode Simple Additive Weighting (SAW) dalam Sistem Informasi Lowongan Kerja Berbasis Web," *Justin (jurnal Sist dan Inf Teknol)*, vol. 1, no. 2, 2013.
- [22] F. Alfinnas, W. A. Triyanto, and R. R. Setiawan, "Metode Simple Additive Weighting (SAW) dalam Memonitoring dan Penanggulangan Stunting di Wilayah Desa Loram Wetan," *J Penelit Inov*, vol. 5, no. 1, pp. 653–660, 2025, doi: <https://doi.org/10.54082/jupin.1334>.
- [23] Amriana, R. Ardiansyah, Wirdayanti, and M. Masykur, "Implementation of Simple Additive Weighting (SAW) in Determining Nutrition in Toddlers," *Appl Eng Technol*, vol. 2, no. 1, pp. 46–51, 2023, doi: <https://doi.org/10.31763/aet.v2i1>.
- [24] A. P. Manik *et al.*, "Sistem Informasi Penanganan Gizi Buruk Balita Berbasis Web," *J Times (Technology Informatics Comput Syst)*, vol. 14, no. 2, pp. 60–65, 2025.
- [25] P. P. Putra *et al.*, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima BLT Menggunakan Metode SAW," *J Teknol Dan Sist Inf Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 285–293, 2022, doi: [10.47233/jteksis.v4i1.457](https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i1.457).
- [26] R. D. Gunawan, F. Ariany, and Novriyadi, "Implementasi Metode SAW dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Plano Kertas," *jaiti*, vol. 1, no. 1, pp. 29–38, 2023, doi: <https://doi.org/10.58602/jaiti.v1i1.23>

Jurnal Informatika Terpadu

Volume 12 No. 1 Tahun 2026

Daftar Isi

Perancangan dan Pengembangan Sistem Informasi Permintaan ATK untuk PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	1
Yopy Renaldi, Ahmad Jurnaidi Wahidin, Yusuf Unggul Budiman, Risa Prayudhi	
Analisis Sentimen Kontaminasi Radioaktif di Kawasan Industri Cikande Menggunakan Algoritma <i>Support Vector Machine</i>	8
Taufik Ramlan Alfiansyah, Audy Abdillah Hidayat, Alfarezi Hidayat Pratama, Agil Aqshol Mahenda, Muhammad Rafly	
Penyusunan <i>Roadmap</i> Strategis Tata Kelola TI LMS Sinau Berdasarkan <i>Maturity Level</i> COBIT 2019	17
Irma Santikarama, Faiza Renaldi, Dea Destiani	
Aplikasi <i>WebAR</i> Berbasis <i>Marker</i> untuk Visualisasi Tengkorak Manusia Tiga Dimensi pada Pembelajaran IPA	28
Muhammad Azrul Wicaksono, Rohman Dijaya	
Pengembangan Sistem Terintegrasi Klinik dan Aplikasi Manajemen Obat Menggunakan <i>Application Programming Interface (API)</i>	38
Elvi Ningsih Telaumbanua, Fasrian Mauren Niella Hura, Juang Anjes Putra Telaumbanua, Carolina Sayangi Cahaya Waruwu, Syukur Famta Febriman Hura	
Deteksi Perokok Menggunakan Algoritma <i>You Only Look Once (YOLO)</i> dan <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	45
Aprilian Gevindo, Syafri Arlis	
Sistem Pakar untuk Diagnosis <i>Acne Vulgaris</i> dan Tingkat Keparahannya Berbasis Web Menggunakan Metode <i>Certainty Factor</i>	57
Azwa Guntara, Jesika Citra Ayu	
Komparasi Model ARIMA, Regresi Linear, <i>Random Forest</i>, dan LSTM untuk Peramalan Harga Beras Jawa Barat	70
Marsello Ormanda, Irfan Ardiansah	
Pengembangan Sistem Informasi CSIRT Berbasis Web Menggunakan <i>Framework</i> Laravel dengan Metode <i>Prototyping</i> pada Diskominfo Purwakarta	77
Muhammad Rifky Akbar, Aidah Nur Fadhilah, Aji Primajaya	
Sistem Pendukung Keputusan untuk Deteksi Dini Faktor Risiko <i>Stunting</i> pada Ibu Hamil dengan Metode SAW	85
Dwidya Poernareksa, Faizah Wardhina, Uswatun Hasanah, Ledy Ramadhaningsih	

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

Email : journal@nurulfikri.ac.id

Website : <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jit>

