

ISSN 2477-0043
E-ISSN 2460-7908

Jurnal Teknologi Terpadu

Volume 11 No. 1 Juli 2025



Published by
LPPM STT TERPADU NURUL FIKRI

Jurnal Teknologi Terpadu

Jurnal Teknologi Terpadu memuat jurnal ilmiah di bidang Ilmu Komputer, Sistem Informasi dan Teknik Informatika. Jurnal Teknologi Terpadu diterbitkan oleh LPPM STT Nurul Fikri dengan periode dua kali dalam setahun, yakni pada bulan Juli dan Desember. Jurnal Teknologi Terpadu telah terakreditasi nasional Sinta 4 sesuai dengan Surat Keputusan No. 5/E/KPT/2022 tanggal 7 Desember 2022 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Ketua Penyunting (*Editor-in-chief*)

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

Anggota Penyunting (*Managing Editor*)

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

Dewan Penyunting (*Editorial Board Member*)

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

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

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

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

Pristi Sukmasetya, S.Komp., M.kom.,
Universitas Muhammadiyah Magelang
Indonesia

Mitra Bestari (*Reviewer*)

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

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

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

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

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

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

Matheus Supriyanto Rumatna, S.Kom., M.Cs.,
Universitas Victory Sorong, Indonesia

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

Rismayani, S.Kom., M.T.,
STMIK Diponegara Makassar, Indonesia

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

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

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

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

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

Joko Kuswanto, M.Kom.
Universitas Baturaja, Indonesia

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

Yulianingsih, M.Kom.,
Universitas Indraprasta PGRI,
Indonesia

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

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

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

Penyunting Pelaksana (*Assistant Editors*)

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

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

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

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

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

Diterbitkan oleh:

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri

Alamat Redaksi dan Distribusi:

Kampus B STT Terpadu Nurul Fikri Lantai 3

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

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

Email: journal@nurulfikri.ac.id

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

Daftar Isi

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Karyawan Tetap PT. Global Autoparts Pratama dengan Metode TOPSIS	1
Oswaldus Asal, Risa Prayudhi, Ninuk Riesmiyantiningtias, Anjas Ramadhani	
Pengembangan Sistem Informasi Akreditasi Program Studi Berbasis Web di Fakultas Teknik Universitas Udayana	12
Ni Made Cyntia Utami, Ni Luh Putu Lilis Sinta Setiawati, Anak Agung Istri Agung Sri Komaladewi, Ferdiansyah Pratama Putra Setyawan	
Sistem Perangkingan Menentukan Fakultas Terbaik Penerapan Zona Integritas Menggunakan Metode SAW	20
Sri Dewi, Ichwanul Muslim Karo Karo, Eviyona Laurenta Barus	
Sistem Klasifikasi Berbasis <i>Android</i> untuk Penyakit Buah Kakao Menggunakan CNN <i>NasNet-Mobile</i>	27
Gregorius Albertus Setu Gado, Putri Noraisya Primandari	
Komparasi Algoritma <i>Machine Learning</i> dalam Memprediksi Kapasitas Produksi Potensial Air Bersih di Indonesia	36
Tatang Rohana, Hilda Yulia Novita, Euis Nurlailasari	
Rancang Bangun <i>Website Smartbeez</i> sebagai Platform Edukasi <i>Parenting</i> dan Calistung Anak Berbasis <i>Waterfall</i>	44
Maura Aqlaila Rasyade, Apriade Voutama	
Klasifikasi Penyakit Daun Singkong Menggunakan <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> dengan Arsitektur VGG16 Berbasis <i>Android</i>	53
Annisa Mustika Anggraeni, Teguh Iman Hermanto, Imam Maruf Nugroho	
Sistem Penilaian Kinerja untuk Pengembangan SDM pada PT SIT Global Systems dengan Metode AHP	60
Anjani Setiawati, Alusyanti Primawati, Tri Yani Akhirina	
Pemanfaatan IoT untuk Efisiensi Energi pada Pabrik Pintar: Tantangan, Solusi dan Tren Teknologi	70
Ewin Suciana, Muhammad Hudzaifah Nasrullah, Duta Arief Christanto, Dede Cahyadi, Lilik Tiara Giantri	
Sistem Rekomendasi Kuliner Ikonik Kota Solo Menggunakan Metode <i>Content Based Filtering</i>	78
Muchalim Danu Warta, Pramono, Joni Maulindar	



SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN (SPK) KARYAWAN TETAP PT. GLOBAL AUTOPARTS PRATAMA DENGAN METODE TOPSIS

Oswaldus Asal¹, Risa Prayudhi², Ninuk Riesmiyantiningtias³, Anjas Ramadhani⁴

^{1,2}Teknologi Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

³Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Bina Sarana Informatika

⁴Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

Jakarta Pusat, DKI Jakarta, Indonesia 10450

jossyasall@gmail.com, risa.rpi@bsi.ac.id, ninuk.nys@bsi.ac.id, anjas.ajr@bsi.ac.id

Abstract

PT. Global Autoparts is a company engaged in the distribution of car spare parts, the selection process for permanent employees still uses an assessment form. The purpose of this study is to determine the permanent employees who are in the first ranking order. The TOPSIS method is used because of its simple and easy-to-understand mathematical concept, its computational efficiency and its ability to measure the relative performance of decision alternatives into a simple mathematical form. The TOPSIS method uses ranking based on the results of the assessment form, so the system no longer needs to sort the data from the largest to the smallest values during the value data processing process and the results presented by the system can be printed in the form of a report. The final result of the selection value in determining the permanent employees who are in the first ranking order, namely A03 named "Paulina" with a preference value of 0.648 who gets the highest preference result value (V_i). The conclusion states that the employee named "Paulina" is entitled to become a permanent employee at PT. Global Autoparts Pratama from the 10 employee data that have been selected.

Keywords: Employee, PT. Global Autoparts Pratama, Selection, SPK, TOPSIS

Abstrak

PT. Global Autoparts salah satu usaha yang bergerak dibidang distribusi suku cadang mobil, proses seleksi karyawan tetap masih menggunakan form penilaian. Tujuan penelitian ini untuk menentukan karyawan tetap yang terdapat pada urutan ranking pertama. Metode TOPSIS digunakan karena konsep matematis yang sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan ke dalam bentuk matematis yang sederhana. Metode TOPSIS menggunakan perankingan berdasarkan perolehan hasil form penilaian, sehingga sistem tidak perlu lagi melakukan sortir data nilai terbesar hingga terkecil pada saat proses pengolahan data nilai dan hasil nilai yang disajikan oleh sistem dapat dicetak dalam bentuk laporan. Hasil akhir nilai seleksi pada penentuan karyawan tetap yang terdapat pada urutan ranking pertama, yaitu A₀₃ yang bernama "Paulina" dengan nilai preferensi 0,648 yang mendapatkan nilai hasil preferensi (V_i) tertinggi. Kesimpulan menyatakan bahwa karyawan yang bernama "Paulina" berhak menjadi karyawan tetap di PT. Global Autoparts Pratama dari 10 data karyawan yang telah di seleksi.

Kata kunci: Karyawan, PT. Global Autoparts Pratama, Seleksi, SPK, TOPSIS

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mengambil alih peran manusia dalam melakukan sebuah aktivitas pekerjaan yang memang dilakukan secara terus-menerus. Sistem pendukung keputusan ini dibangun dengan penggambaran pemilihan kriteria dan bobot untuk mencari solusi terbaik [1]. Salah satunya sebagai penentuan jadwal produksi, penentuan cabang perusahaan terbaik, penentuan karyawan terbaik dan masih banyak yang lainnya yang terlibat dalam sebuah

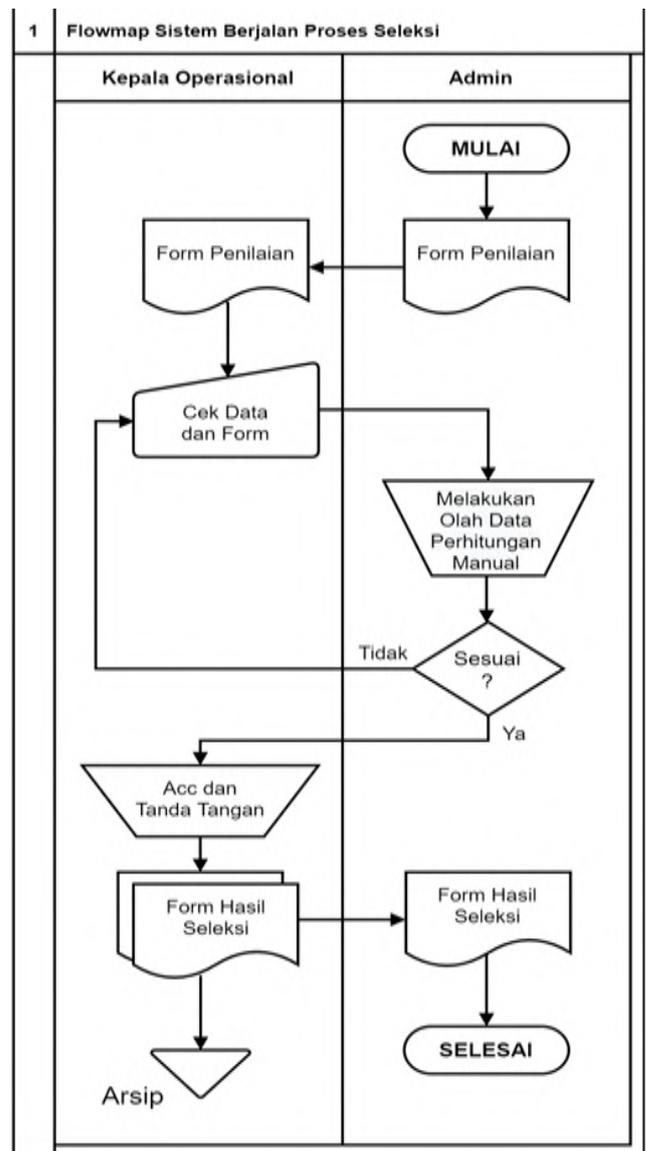
manajemen, bisnis maupun organisasi sehingga menjadi gambaran umum contoh dari hasil yang diharapkan dalam pengambilan keputusan [2]. Karyawan merupakan individu yang mengerahkan tenaga, keterampilan, dan kemampuannya untuk bekerja dengan tujuan mendapatkan imbalan dari pemberi kerja, baik dalam bentuk pendapatan berupa uang maupun bentuk kompensasi lainnya. Imbalan tersebut diberikan sebagai bentuk penghargaan atas kontribusi yang diberikan kepada pengusaha, majikan, atau

pihak pemberi kerja berdasarkan UU No.13 Tahun 2003 [3]. Tujuan penelitian ini adalah mengusulkan sebuah sistem pendukung keputusan dalam melakukan seleksi karyawan tetap yang lebih modern, meninggalkan cara kerja lama atau konvensional yang masih menggunakan form penilaian dalam pengolahan data penilaian kinerja karyawan, menunjang pengambilan keputusan secara efektif dan efisien serta mempersingkat waktu proses saat penyeleksian.

Permasalahan yang berjalan saat ini di PT. Global Autoparts Pratama, dimana proses seleksi masih membutuhkan banyak waktu saat mengolah data penilaian karyawan, dikarenakan masih menggunakan cara metode perhitungan manual dengan dibantu menggunakan *software Microsoft Excel* dari berupa form penilaian yang telah dicetak dan diisi oleh tim penyeleksi. Kemudian untuk kemungkinan kesalahan perhitungan ataupun hasil keputusan tidak tepat sasaran dapat saja terjadi dalam hasil akhir penentuan bakal calon karyawan tetap dalam memberikan keputusan hasil seleksi dikarenakan belum adanya metode atau prosedur secara matematis yang digunakan. Berikut ini akan dibuat gambaran umum sistem berjalan dalam bentuk *flowmap* yang menjelaskan secara detail alur proses sistem berjalan pada alur sistem proses seleksi karyawan kontrak menjadi karyawan tetap di PT. Global Autoparts Pratama.

Pada Gambar 1, proses seleksi karyawan kontrak menjadi karyawan tetap yang dilakukan oleh PT. Global Autoparts Pratama, diantaranya:

1. Admin melakukan cetak *print out form* seleksi penilaian yang sebelumnya disimpan dalam bentuk draft.
2. Admin mengecek *form* untuk diserahkan kepada Kepala Operasional.
3. Setelah Kepala Operasional menerima form penilaian lalu mengecek kembali untuk memastikan data-data pengajuan kriteria untuk menilai karyawan telah sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan oleh perusahaan.
4. Kepala Operasional memeriksa satu-persatu form yang telah dicetak. Kemudian mendiskusikan dengan Admin beberapa calon karyawan yang telah memenuhi syarat dan layak untuk dijadikan karyawan tetap. Setelah itu mengisi form tersebut berupa nilai hasil yang telah didapat berdasarkan performa kinerja dari karyawan selama bekerja.
5. Setelah Kepala Operasional telah selesai mengisi form yang dicetak oleh Admin berupa form penilaian yang berdasarkan data-data karyawan tersebut selama bekerja, antara lain: Sikap, Keterampilan, Absensi Kehadiran, Loyalitas dan Tanggung jawab Karyawan, maka form tersebut diserahkan kembali kepada pihak Admin setelah ditandatangani untuk dibuat rangkap 2 (dua) dan disimpan sebagai arsip laporan untuk Kepala Operasional dan Admin.



Gambar 1. Flowmap Sistem Berjalan Proses Seleksi PT. Global Autoparts Pratama

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Bertujuan untuk menganalisa suatu permasalahan dan menawarkan solusi.
2. Bertujuan untuk mengedepankan sistem yang lebih modern serta meninggalkan cara kerja lama atau konvensional yang masih menggunakan form penilaian dalam pengolahan data penilaian kinerja karyawan.
3. Bertujuan untuk menunjang pengambilan keputusan secara efektif dan efisien.
4. Bertujuan untuk mempersingkat waktu proses penyeleksian.
5. Bertujuan untuk memangkas biaya operasional penggunaan kertas dalam mencetak form penilaian.

Atas dasar analisa yang telah dilakukan pada lokasi penelitian keputusan rekomendasi berupa aplikasi sistem penunjang keputusan berbasis *web* pengangkatan karyawan tetap Menggunakan Metode TOPSIS dalam penelitian ini

bahwa metode ini sangat mudah digunakan dan sesuai dengan kriteria yang digunakan 5 kriteria. Untuk kriteria yang digunakan adalah: Kinerja (C1), Kedisiplinan (C2), Loyalitas (C3), Tingkat Pendidikan (C4), dan Pengalaman Kerja (C5). Tidak adanya penjabaran dan perumusan detail terkait data perhitungan Algoritma TOPSIS [4].

Website atau aplikasi web adalah kumpulan halaman yang digunakan untuk menampilkan berbagai jenis informasi seperti teks, gambar statis atau bergerak, animasi, suara, maupun kombinasi dari semuanya, baik yang bersifat statis maupun dinamis. Halaman-halaman ini saling terhubung dalam satu rangkaian yang membentuk struktur yang terkait satu sama lain melalui jaringan halaman [12]. Metode *waterfall* merupakan metode pengembangan sistem informasi yang dilakukan secara terstruktur dan berurutan, di mana setiap tahap, seperti analisis, desain, pengkodean, dan pengujian, harus diselesaikan secara bertahap. Model ini menggunakan pendekatan sekuensial dalam siklus hidup pengembangan perangkat lunak [13].

Metode TOPSIS sudah banyak digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya yaitu penelitian yang berjudul “Implementasi Metode TOPSIS Untuk Rekomendasi Pengangkatan Karyawan Tetap (Studi Kasus: PT. Bina Artha Ventura Cabang Nganjuk)” bahwa dalam penelitian ini menggunakan 5 alternatif dan 7 kriteria. Hasil penelitian ini hanya sebatas melakukan implementasi terkait algoritma TOPSIS dari detail perhitungan yang jelas dari awal hingga akhir dan untuk kekurangannya pada penelitian ini tidak adanya implementasi terkait sistem ataupun pembuatan aplikasi [5].

Penelitian selanjutnya berjudul “Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Karyawan Tetap Dengan Menggunakan Metode TOPSIS (Studi Kasus: PT. Tunas Dwipa Matra)”, menjelaskan bahwa dalam penelitian ini hanya memberikan informasi berupa data kriteria yang digunakan adalah 5 kriteria. Tidak adanya penjabaran dan perumusan detail terkait data perhitungan Algoritma TOPSIS. Algoritma TOPSIS hanya dijelaskan secara teoritis. Penelitian lebih berfokus pada perancangan UML, perancangan basis data, hasil implementasi atau pembuatan aplikasi sistem dan pengujian *black box* [6].

Selanjutnya pada penelitian tahun 2020 yang berjudul “Penerapan Metode TOPSIS Untuk Pengangkatan Karyawan Kontrak Menjadi Karyawan Tetap (Studi Kasus: PT. Hanuraba Sawit Kencana)” bahwa dalam penelitian ini mengusulkan data karyawan 490 orang sebagai data alternatif dan 20 data kriteria. Serta untuk penelitian lebih berfokus terhadap analisis data perhitungan algoritma TOPSIS dari detail perhitungan yang jelas dari awal hingga akhir sedangkan untuk kekurangannya pada penelitian ini tidak adanya implementasi terkait sistem ataupun pembuatan aplikasi [7].

Penelitian ini akan mengungkap metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)

yaitu salah satu teknik pengambilan keputusan multi-kriteria [8]. Metode ini berlandaskan prinsip bahwa alternatif yang optimal adalah yang paling dekat dengan solusi ideal positif dan paling jauh dari solusi ideal negatif secara geometris, menggunakan jarak *Euclidean* [9]. Solusi ideal positif terdiri dari nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sementara solusi ideal negatif mencakup nilai terburuk. Metode ini menggabungkan kedua jarak tersebut untuk menilai kedekatan relatif terhadap solusi ideal positif, sehingga peringkat alternatif dapat ditentukan [10]. TOPSIS sering digunakan dalam pengambilan keputusan praktis karena efektivitasnya [11].

Dari paparan pada latar belakang menjelaskan bahwa penelitian ini akan membahas, merancang dan mengimplementasikan suatu Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang diharapkan dapat memudahkan perusahaan dalam melakukan seleksi melalui proses penilaian terhadap calon karyawan yang bekerja di PT. Global Autoparts Pratama.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pengumpulan Data

Tahapan dalam melakukan pengumpulan data terdiri atas data primer dan data sekunder yang terdapat pada penelitian ini. Berikut penjelasannya:

1. Data Primer

Data yang dibutuhkan berdasarkan hasil analisa apa saja yang menjadi permasalahan. Data informasi yang diperoleh melalui pengamatan langsung ke lokasi penelitian yang terdapat pada PT. Global Autoparts Pratama dengan menemui pihak Admin yang melakukan proses seleksi penilaian terhadap karyawan kontrak menjadi karyawan tetap, serta wawancara peneliti memperoleh data terkait Sikap, Keterampilan, Absensi Kehadiran, Loyalitas dan Tanggung jawab Karyawan kepada Pimpininan untuk dimasukan kedalam formulir kinerja calon karyawan seprti terlihat pada gambar 3.

The image shows a form titled "FORMULIR PENILAIAN KINERJA CALON KARYAWAN" from PT. GLOBAL AUTOPARTS PRATAMA. It includes a header with the company logo and name, and a table for rating various performance indicators. The table has columns for "Faktor / Faktor Penilaian", "Rang", "Skor", "Bobot", "Kriteria", "Kategori", and "Keterangan". The form is divided into two main sections: A. Sikap and B. Keterampilan. Each section has a list of indicators to be rated. At the bottom, there are fields for the evaluator's name, position, and date.

Gambar 2. Formulir Wawancara

2. Data Sekunder

Data yang dibutuhkan dengan mencari beberapa buku, jurnal ataupun artikel-artikel terkait yang memiliki lisensi sebagai pendukung referensi studi pustaka yang bersifat teori. Data ini berupa informasi tentang pengertian-pengertian umum yang disesuaikan dengan tema penelitian dan kebutuhan penelitian serta membahas terkait penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan saat ini sebagai kajian literatur.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

2.2.1. Analisis Masalah

Permasalahan pada sistem yang berjalan seperti pada gambar 1 saat ini masih membutuhkan banyak waktu, dikarenakan masih menggunakan cara kerja lama atau konvensional berupa pengisian *formulir* penilaian sehingga kemungkinan kesalahan dapat saja terjadi dalam hasil akhir saat penentuan karyawan tetap yang tidak memenuhi kriteria saat dibutuhkan perusahaan bahkan bisa saja dapat dimanipulasi oleh pihak-pihak terkait yang tidak bertanggungjawab.

2.2.2. Analisis Kebutuhan

Merumuskan apa saja kebutuhan yang diperlukan dalam menyelesaikan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Berdasarkan hasil wawancara serta pengamatan yang dilakukan oleh peneliti dengan melakukan pendekatan untuk memahami prosedur kebutuhan yang terdapat pada proses seleksi karyawan tetap di PT. Global Autoparts Pratama, maka peneliti dapat menyampaikan usulan atas beberapa analisis kebutuhan untuk mengatasi permasalahan sebagai berikut.

1. Mengusulkan sebuah rancangan sistem berbasis *web* yang dapat melakukan *input* data pada beberapa pengajuan karyawan yang akan dilakukan seleksi dengan menggunakan teknik perhitungan metode

algoritma TOPSIS dalam menentukan hasil akhir yang sesuai dengan prosedur matematis berdasarkan kriteria dan bobot yang telah ditentukan.

2. Mempercepat proses perhitungan dan pengolahan data karyawan yang akan dilakukan seleksi sehingga tidak melibatkan banyak form kertas yang digunakan pada saat melakukan proses seleksi penentuan calon karyawan tetap, dimana form *input* disediakan oleh sistem (aplikasi).
3. Mengantisipasi dan meminimalisir hal-hal yang kemungkinan terjadinya kesalahan data yang tidak diinginkan salah satunya: Data yang disimpan dalam bentuk draft dan disimpan pada folder-folder penyimpanan pada sistem yang berjalan saat ini dan sewaktu-waktu data berupa form penilaian tersebut tidak ditemukan atau hilang yang diakibatkan banyaknya data tidak terkelola dengan baik. Hal ini menjadi kendala serius saat data pada waktu-waktu tertentu dibutuhkan sebagai bentuk laporan.
4. Mempersingkat waktu pekerjaan pada saat melakukan proses seleksi penilaian karyawan. Dikarenakan semua prosesnya akan dilakukan secara cepat oleh aplikasi yang diusulkan yang sebelumnya telah diprogram untuk menjalankan instruksi (perintah).

2.2.3. Rancangan Sistem SPK menggunakan *Software* Microsoft Excel

Rancangan sistem SPK melibatkan metode TOPSIS dan algoritma program yang berisi desain, struktur perintah dan bagian dari langkah-langkah atau prosedur yang dirancang untuk menyelesaikan suatu masalah atau mencapai tujuan tertentu melalui proses komputasi.

Menurut “Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan” [14] pada perhitungan algoritma TOPSIS memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pembentukan Data Alternatif
2. Mengusulkan Data Kriteria, Sifat dan Nilai Bobot Kriteria
3. Menentukan Rating Kecocokan
4. Menentukan kuadrat kriteria dan normalisasi matriks Keputusan
5. Matriks Bobot Ternormalisasi
 - a. Menentukan Matriks Bobot Ternormalisasi untuk setiap alternatif i dari 1 sampai m dan untuk setiap kriteria j dari 1 sampai n .
 - b. Hitung $Y_{ij} = X_{ij_norm} * w_j$
6. Identifikasi Solusi Ideal Positif dan Negatif

Menghitung hasil nilai Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif untuk setiap kriteria j dari 1 sampai n :

a. Jika $b_j = 1$:

$$C_{j_positif} = \max(Y_{ij}) \text{ untuk setiap } i$$

$$C_{j_negatif} = \min(Y_{ij}) \text{ untuk setiap } i$$

b. Jika $b_j = 0$:

$$C_{j_positif} = \min(Y_{ij}) \text{ untuk setiap } i$$

$$C_{j_negatif} = \max(Y_{ij}) \text{ untuk setiap } i$$

7. Perhitungan Jarak Alternatif terhadap Solusi Ideal Positif dan Negatif untuk setiap alternatif i dari 1 sampai m :

a. Hitung jarak positif $D_i^+ = \sqrt{\sum(Y_{ij} - C_{j_positif})^2}$

b. Hitung jarak negatif $D_i^- = \sqrt{\sum(Y_{ij} - C_{j_negatif})^2}$

8. Perhitungan Hasil Preferensi (V_i), untuk setiap alternatif i dari 1 sampai m : Hitung hasil preferensi $V_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-)$.

9. Penentuan ranking Alternatif Berdasarkan Hasil Preferensi (V_i), Urutkan alternatif berdasarkan hasil preferensi V_i dari tertinggi ke terendah.

10. Keluaran

- Data Alternatif (Nama Karyawan).
- Hasil Nilai Preferensi (V_i) masing-masing Alternatif.
- Hasil Perankingan Data Alternatif

2.2.4. Pengujian Sistem dan Evaluasi

Untuk mengetahui performa hasil rancang bangun aplikasi sistem telah sesuai dengan hasil rancangan sebelumnya, peneliti melakukan evaluasi pengujian dengan tehnik *black box*. Menurut [15], bahwa *Black Box Testing* adalah metode pengujian perangkat lunak yang tidak memerlukan wawasan tentang detail internal perangkat lunak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini akan dijelaskan terkait prosedur perhitungan algoritma TOPSIS melalui hasil pengolahan data melalui formulir penilaian akan dilakukan perhitungan manual secara berurutan sesuai dengan data alternatif dan data kriteria yang telah ditentukan berdasarkan data primer yang diperoleh dari PT. Global Autoparts Pratama. Data perhitungan manual TOPSIS ini nantinya akan menghasilkan hasil perhitungan yang sesuai dengan hasil rancangan yang terdapat pada aplikasi sistem yang diusulkan.

3.1. Rancangan Sistem SPK menggunakan *Software Microsoft Excel*

1. Pembentukan Data Alternatif

Tabel 1 di bawah ini ditampilkan data alternatif sebagai calon karyawan atau objek yang akan dinilai. Data alternatif biasanya terdiri dari kode alternatif dan nama alternatif, untuk atribut lainnya bisa disesuaikan dengan studi kasus. Data alternatif berdasarkan sumber data hasil riset pada karyawan PT. Global Autoparts Pratama. Data karyawan telah dipilih secara *random* untuk dilakukan teknik analisis perhitungan manual menggunakan metode TOPSIS.

Tabel 1. Data Alternatif

Kode Alternatif	Nama Karyawan (Alternatif (A_i))
A ₀₁	Aditia
A ₀₂	Jonatan Bire Leo
A ₀₃	Paulina
A ₀₄	Paulus Letuna
A ₀₅	Petrus Ndaka Jadwal
A ₀₆	Theresia Telupun
A ₀₇	Vani Oktavia
A ₀₈	Yasintus Kiik
A ₀₉	Yason Atto
A ₁₀	Zaverius Arzoni

2. Mengusulkan Data Kriteria, Sifat dan Nilai Bobot Kriteria

Pada Tabel 2 di bawah ini ditampilkan data kriteria sebagai komponen dasar penilaian untuk alternatif. Kriteria bisa berupa *cost* dan *benefit*. *Benefit* berarti semakin besar nilainya semakin bagus, sebaliknya *Cost* semakin kecil nilainya semakin bagus. Misal dalam studi kasus yang dilakukan ini pada karyawan PT. Global Autoparts Pratama. Bobot diharuskan nilai 100 jika dijumlahkan total berdasarkan pada acuan variabel *fuzzy* dengan nilai indeks skala 1/100.

Tabel 2. Data Usulan Kriteria

Kode Kriteria	Nama Kriteria	Sifat	Bobot Kriteria
C1	Tanggung Jawab	cost	30
C2	Absensi	benefit	25
C3	Sikap	benefit	20
C4	Keterampilan	benefit	15
C5	Loyalitas	benefit	10
Jumlah Total Bobot			100

Pada Tabel 2 di atas, terdapat atribut tambahan yaitu bobot kriteria. Bobot ini untuk menentukan kriteria mana yang lebih diutamakan. Semakin besar bobot, maka semakin diutamakan kriteria tersebut. Untuk penentuan bobot kriteria pada penelitian ini, penulis dalam menentukan nilai

bobot menggunakan acuan nilai indeks skala *ratio fuzzy* 1/100 atau dalam bentuk desimal 0,01 dan terdapat pada jumlah total bobot dari seluruh penjumlahan nilai bobot kriteria yang pada penelitian ini.

3. Menentukan Rating Kecocokan

Rating kecocokan digunakan untuk memberikan penilaian terhadap alternatif pada masing-masing kriteria. Untuk lebih mudah biasanya ditampilkan dalam bentuk tabel (matriks) dengan nama masing-masing kriteria sebagai judul baris, dan rating penilaian pada masing-masing kriteria sebagai judul kolom. Setiap kriteria harus mempunyai nilai walaupun nilainya 0 (nol).

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini hasil data rating pencocokan pada kriteria berdasarkan rating penilaian yang telah ditetapkan dan diusulkan oleh penulis. Pemberian nilai biasanya dibuatkan rentang dengan keterangan khusus tergantung studi kasus. Dengan metode ini, maka rating kecocokan dapat membantu memilih alternatif terbaik berdasarkan kriteria dan bobot yang telah ditetapkan. Misal rentang nilai salah satu kriteria pada alternatif yang telah ditentukan dapat dilihat di bawah ini:

Tabel 3. Penetapan Nilai Rating Penilaian Masing-Masing Kriteria

Kode	Nama Kriteria	Rating Poin Penilaian				
		Buruk	Kurang	Cukup	Baik	Istimewa
C1	Tanggung Jawab	1	2	3	4	5
C2	Absensi	1	2	3	4	5
C3	Sikap	1	2	3	4	5
C4	Keterampilan	1	2	3	4	5
C5	Loyalitas	1	2	3	4	5

Formulir penilaian peserta yang diberikan kode alternatif yang telah di isi akan dimasukkan kedalam Microsoft Excel untuk menentukan nilai ranting kecocokan anata kriteria dan alternatif diperlihatkan pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 1. Data Nilai Rating Kecocokan Kriteria dan Alternatif

Kode Alternatif	Kriteria				
	C1	C2	C3	C4	C5
A ₀₁	5	3	3	5	3
A ₀₂	5	4	5	3	3
A ₀₃	3	4	5	3	4
A ₀₄	5	5	4	4	2
A ₀₅	4	3	5	5	4
A ₀₆	5	3	3	4	5
A ₀₇	5	4	4	3	4
A ₀₈	4	4	5	3	3
A ₀₉	4	4	3	5	3
A ₁₀	3	5	3	2	5

4. Menentukan kuadrat dan normalisasi matriks Keputusan

Untuk melakukan normalisasi kita harus mengkuadratkan setiap elemen matriks pada Tabel 4 sebelumnya, misal untuk cell A₀₁ pada C1 bernilai 5 dikuadratkan 5² hasilnya menjadi 5 x 5 = 25. Hasilnya seperti diperlihatkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Kuadratkan Nilai Kriteria

Kode Alternatif	Kriteria				
	C1	C2	C3	C4	C5
A ₀₁	25	9	9	25	9
A ₀₂	25	16	25	9	9
A ₀₃	9	16	25	9	16
A ₀₄	25	25	16	16	16
A ₀₅	16	9	25	25	4
A ₀₆	25	9	9	16	25
A ₀₇	25	16	16	9	16
A ₀₈	16	16	25	9	9
A ₀₉	16	16	9	25	9
A ₁₀	9	25	9	4	25

Matrik Keputusan (X _i)	13,8203	12,5300	12,9615	12,1244	11,7473
------------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------

Matrik keputusan (X) rumusnya yaitu menjumlahkan setiap baris pada setiap kriteria setelah proses dikuadratkan. Cara menghitungnya dapat menggunakan kalkulator *online* yang telah ada dengan mengunjungi situs <https://mathsolver.microsoft.com/id>. Dapat dilihat pada kolom C1 sampai dengan C5 yang terdapat pada Tabel 5 di atas didapat dari perhitungan sebagai berikut perhitungan matrik kriteria C1:

$$X_j = \sqrt{25 + 25 + 9 + 25 + 16 + 25 + 25 + 16 + 16 + 9} = 13,8203$$

Setelah mendapat total kuadratkan Nilai Kriteria langkah selanjutnya menentukan normalisasi Misal, untuk baris pertama diubah menjadi bentuk data matrik (R01 sampai dengan R10) dan perhitungannya didapat dari :

R01 ke C1 = 5 / 13,8203 = hasilnya 0,361786, dibulatkan menjadi 0,362, hasilnya dapat dilihat pada lampiran Tabel 6 Data Matriks Ternormalisasi di bawah ini.

Tabel 6. Matrik Ternormalisasi

Data Matrik (R)	Kriteria (C)				
	1	2	3	4	5
R ₀₁	0.362	0.239	0.231	0.412	0.255
R ₀₂	0.362	0.319	0.386	0.247	0.255
R ₀₃	0.217	0.319	0.386	0.247	0.341
R ₀₄	0.362	0.399	0.309	0.330	0.170
R ₀₅	0.289	0.239	0.386	0.412	0.341

Data Matrik (R)	Kriteria (C)				
	1	2	3	4	5
R ₀₆	0.362	0.239	0.231	0.330	0.426
R ₀₇	0.362	0.319	0.309	0.247	0.341
R ₀₈	0.289	0.319	0.386	0.247	0.255
R ₀₉	0.289	0.319	0.231	0.412	0.255
R ₁₀	0.217	0.399	0.231	0.165	0.426

5. Menentukan Bobot Ternormalisasi

Tabel 7 di bawah ini hasil data perhitungan data bobot ternormalisasi didapat dari hasil perkalian matriks normalisasi pada tabel-tabel sebelumnya terkait nilai bobot kriteria. Untuk data hasil perhitungannya dilakukan secara manual pada perhitungan Ms Excel.

= Data Matriks Ternormalisasi x Nilai Bobot Masing-Masing Kriteria

$$= [0.362 \times 30] \mid [0.239 \times 25] \mid [0.231 \times 20] \mid [0.412 \times 15] \mid [0.255 \times 10]$$

$$= 10.854 \mid 5.986 \mid 4.629 \mid 6.186 \mid 2.554$$

Begitupun, seterusnya dilakukan hal yang sama untuk perhitungan data setiap cell data alternatif 2 atau data matrik R02 pada semua bobot kriteria (C1 sampai dengan C5) dan untuk datanya dijabarkan sebagai berikut ini.

Tabel 7. Data Bobot Ternormalisasi

Data Matrik (R)	Kriteria (C)				
	C1 Bobot = 30	C2 Bobot (W) = 25	C3 Bobot (W) = 20	C4 Bobot (W) = 15	C5 Bobot (W) = 10
R ₀₁	10,854	5,986	4,629	6,186	2,554
R ₀₂	10,854	7,981	7,715	3,712	2,554
R ₀₃	6,512	7,981	7,715	3,712	3,405
R ₀₄	10,854	9,976	6,172	4,949	1,703
R ₀₅	8,683	5,986	7,715	6,186	3,405
R ₀₆	10,854	5,986	4,629	4,949	4,256
R ₀₇	10,854	7,981	6,172	3,712	3,405
R ₀₈	8,683	7,981	7,715	3,712	2,554
R ₀₉	8,683	7,981	4,629	6,186	2,554
R ₁₀	6,512	9,976	4,629	2,474	4,256

6. Matriks Solusi Ideal Positif (A⁺) dan Ideal Negatif (A⁻)

Matriks solusi ideal diperoleh melalui normalisasi berbobot dan jenis atribut kriteria (*cost* atau *benefit*). Solusi ideal positif diambil dari nilai maksimum normalisasi berbobot, jika atribut kriteria merupakan *benefit*, dan nilai minimum jika merupakan *cost*. Sebaliknya, solusi ideal negatif didasarkan pada nilai minimum normalisasi berbobot untuk atribut kriteria *benefit*, dan nilai maksimum jika kriteria merupakan *cost*.

Ideal Positif (A⁺) => (max | benefit = Terbesar),

(min | cost = Terkecil)

Ideal Negatif (A⁻) => (min | benefit = Terkecil),
(max | cost = Terbesar)

Untuk hasilnya dapat dilihat pada di bawah ini.

Tabel 8. Data Matriks Solusi Ideal Positif dan Ideal Negatif

Ideal	Kriteria				
	C1 (cost)	C2 (benefit)	C3 (benefit)	C4 (benefit)	C5 (benefit)
Positif (A ⁺)	Y ₁ ⁺ 6,512	Y ₂ ⁺ 9,976	Y ₃ ⁺ 7,715	Y ₄ ⁺ 6,186	Y ₅ ⁺ 4,256
Negatif (A ⁻)	Y ₁ ⁻ 10,854	Y ₂ ⁻ 5,986	Y ₃ ⁻ 4,629	Y ₄ ⁻ 2,474	Y ₅ ⁻ 1,703

7. Jarak Solusi Ideal Positif (D⁺) dan Jarak Solusi Ideal Negatif (D⁻)

Setelah mendapatkan hasil nilai dari matriks solusi ideal positif dan ideal negatif. Tahap selanjutnya adalah dilakukannya pengolahan data untuk menentukan hasil perhitungan pada jarak solusi ideal positif (D⁺) dan jarak solusi ideal negatif (D⁻) yang didapat dari pengolahan data pada lampiran tabel sebelumnya. Caranya adalah mengkuadratkan selisih setiap elemen matriks bobot ternormalisasi dengan matriks solusi ideal, kemudian menjumlahkan setiap alternatif, setelah itu diakarkan. Berikut contoh mencari nilai pada jarak solusi ideal positif dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Ms. Excel pada data Alternatif A₀₁, dimana S⁺ adalah sebuah jarak alternatif dari solusi ideal positif (D⁺) dan untuk menentukan hasilnya ditentukan oleh rumus:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^+)^2}$$

$$S_i^+ = \sqrt{(10,854 - 6,512)^2 + (5,986 - 9,976)^2 + (4,629 - 7,715)^2 + (6,186 - 6,186)^2 + (2,544 - 4,256)^2}$$

= 6,870 (A₀₁)

Begitu juga data yang lainnya seperti data Alternatif A₀₂ sampai dengan A₁₀ yang kemudian datanya diperlihatkan pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Data Nilai Jarak Solusi Ideal Positif (D⁺)

Alternatif (A _i)	Nama Karyawan	Nilai Jarak Solusi Ideal Positif (D ⁺)
A ₀₁	Aditia	6,870
A ₀₂	Jonatan Bire Leo	5,644
A ₀₃	Paulina	3,291
A ₀₄	Paulus Letuna	5,411
A ₀₅	Petrus Ndaka Jadwal	4,622

Alternatif (A _i)	Nama Karyawan	Nilai Jarak Solusi Ideal Positif (D ⁺)
A ₀₆	Theresia Telupun	6,769
A ₀₇	Vani Oktavia	5,662
A ₀₈	Yasintus Kiik	4,209
A ₀₉	Yason Atto	4,595
A ₁₀	Zaverius Arzoni	4,827

Sedangkan untuk contoh mencari nilai pada jarak solusi ideal negatif dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Ms. Excel pada baris data Alternatif **A₀₁** adalah sebagai berikut:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^-)^2}$$

$$S_i^+ = \sqrt{(10,854 - 10,854)^2 + (5,986 - 5,986)^2 + (4,629 - 4,629)^2 + (6,186 - 2,474)^2 + (2,544 - 1,703)^2}$$

3,808 (A₀₁)

Begitu juga data yang lainnya seperti data Alternatif A₀₂ sampai A₁₀ yang kemudian datanya diperlihatkan pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 10. Data Nilai Jarak Solusi Ideal Negatif (D⁻)

Alternatif (A _i)	Nama Karyawan	Nilai Jarak Solusi Ideal Negatif (D ⁻)
A ₀₁	Aditia	3,808
A ₀₂	Jonatan Bire Leo	3,970
A ₀₃	Paulina	6,065
A ₀₄	Paulus Letuna	4,942
A ₀₅	Petrus Ndaka Jadwal	5,560
A ₀₆	Theresia Telupun	3,556
A ₀₇	Vani Oktavia	3,285
A ₀₈	Yasintus Kiik	4,525
A ₀₉	Yason Atto	4,816
A ₁₀	Zaverius Arzoni	6,426

8. Hasil Akhir Perankingan

Setelah dilakukan pengolahan data menentukan hasil perhitungan pada jarak solusi ideal positif (D⁺) dan jarak solusi ideal negatif (D⁻) yang terdapat pada lampiran tabel sebelumnya, maka akan dilakukan proses untuk mencari hasil dari nilai preferensi (V_i). Untuk hasil pengolahan datanya dapat dilihat pada Tabel 11 di bawah ini.

Tabel 11. Data Hasil Nilai Preferensi (V_i)

Alternatif (A _i)	Nama Karyawan	Kode Preferensi	Hasil Preferensi (V _i)
A ₀₁	Aditia	V ₁	0,357
A ₀₂	Jonatan Bire Leo	V ₂	0,413
A ₀₃	Paulina	V ₃	0,648

Alternatif (A _i)	Nama Karyawan	Kode Preferensi	Hasil Preferensi (V _i)
A ₀₄	Paulus Letuna	V ₄	0,477
A ₀₅	Petrus Ndaka Jadwal	V ₅	0,546
A ₀₆	Theresia Telupun	V ₆	0,344
A ₀₇	Vani Oktavia	V ₇	0,367
A ₀₈	Yasintus Kiik	V ₈	0,518
A ₀₉	Yason Atto	V ₉	0,512
A ₁₀	Zaverius Arzoni	V ₁₀	0,571

Dari perolehan hasil akhir pengolahan data didapatkan hasil nilai preferensi (V_i) pada Tabel 11 di atas, maka data hasil perankingannya ditampilkan pada Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Data Hasil Akhir Perankingan

Ranking	Kode Alternatif	Nama Karyawan	Hasil Preferensi (V _i)
1	A ₀₃	Paulina	0.648
2	A ₁₀	Zaverius Arzoni	0.571
3	A ₀₅	Petrus Ndaka Jadwal	0.546
4	A ₀₈	Yasintus Kiik	0.518
5	A ₀₉	Yason Atto	0.512
6	A ₀₄	Paulus Letuna	0.477
7	A ₀₂	Jonatan Bire Leo	0.413
8	A ₀₇	Vani Oktavia	0.367
9	A ₀₁	Aditia	0.357
10	A ₀₆	Theresia Telupun	0.344

Nilai preferensi didapat dari pembagian ideal negatif dibagi dengan penjumlahan ideal positif dan negatif sebagaimana berikut.

rumus: $V = D^- / (D^- + D^+)$, sebagai contoh:

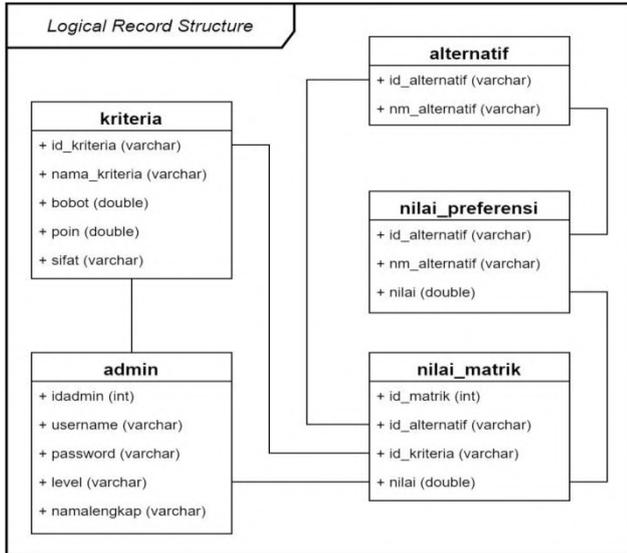
$$A_{03} \text{ (Paulina)} = 6,065 / (6,065 + 3,291) = 0,648$$

Sehingga, kesimpulan hasil untuk alternatif terbaik yang terdapat pada urutan ranking pertama, yaitu A₀₃ yang bernama “Paulina” dengan nilai preferensi 0,648 yang mendapatkan nilai hasil preferensi (V_i) tertinggi. Dengan begitu hasil kesimpulan menyatakan bahwa karyawan yang bernama “Paulina” berhak mendapatkan *reward* berupa pengangkatan menjadi karyawan tetap di PT. Global Autoparts Pratama dari 10 data karyawan yang telah di seleksi.

3.2. Rancangan Sistem SPK menggunakan Aplikasi Web

1. Desain Logical Record Structure

Berikut ini adalah rancangan *Logical Record Structure* dapat dikatakan adalah cara atau teknik untuk menggambarkan basis data berupa relasi antar tabel.



Gambar 4. Logical Record Structure

Pada Gambar 4 di atas cara atau teknik untuk menggambarkan basis data berupa relasi antar tabel, terdapat 5 tabel admin, alternatif, kriteria, matrik dan referensi.

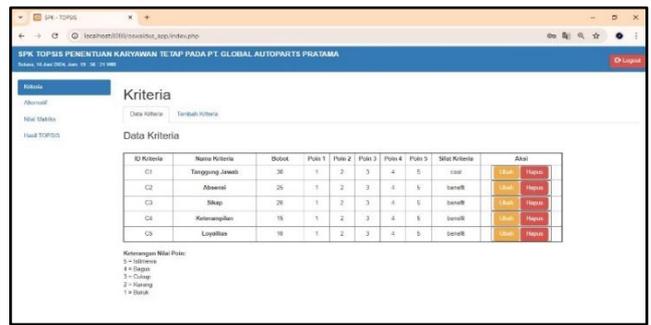
2. Desain User Interface

Tampilan dari antarmuka pengguna atau *user interface* sebagai langkah awal untuk memberikan visualisasi dari gambaran aplikasi yang telah selesai dirancang dan dibuat.



Gambar 5. Form Input Halaman Login

Pada Gambar 5 di atas adalah tampilan dari *form input* halaman *login* yang berfungsi untuk memvalidasi akun pengguna untuk dapat akses ke sistem pada halaman login terdapat judul dan nama perusahaan. Untuk dapat akses ke sistem utama pada aplikasi, maka Admin perlu untuk memasukkan data *username* dan *password*.



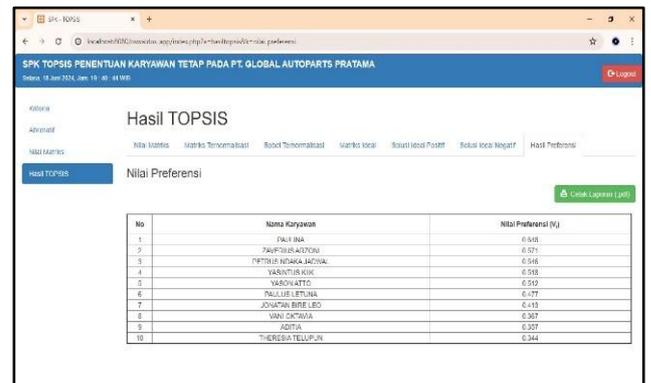
Gambar 6. Menu Data Kriteria

Pada Gambar 6 di atas adalah tampilan dari pada menu data kriteria yang menampilkan nama kriteria, bobot kriteria dan sifat kriteria. Pada halaman ini Admin dapat melakukan tambah, ubah dan hapus data kriteria.



Gambar 7. Menu Data Alternatif

Pada Gambar 7 di atas adalah tampilan dari pada menu data alternatif yang menampilkan id alternatif dan nama alternatif. Pada halaman ini, Admin bisa menambahkan, mengubah, serta menghapus data alternatif.



Gambar 8. Hasil Perankingan

Pada Gambar 8 di atas adalah tampilan dari data hasil perankingan para karyawan yang telah dilakukan proses seleksi. Dimana, hasil seleksi menunjukkan karyawan yang bernama “Paulina” dengan hasil nilai preferensi tertinggi di antara yang lainnya.

PT. GLOBAL.AUTOPARTS PRATAMA
Spareparts dan Accessories Mobil
Rukan Artha Gading Niaga
Jl. Boulevard Artha Gading No.27 Blok B, RT.18/RW.8,
Kelapa Gading, Jakarta Utara, DKI Jakarta 14260, Indonesia
Telepon: (021) 45850379 | Email: global_auto@cbn.net.id

**Laporan Hasil Perhitungan TOPSIS
Pada Seleksi Penentuan Karyawan Tetap**

Ranking	Nama Karyawan	Hasil Nilai
1	PAULINA	0.648
2	ZAVERUS ARZONI	0.571
3	PETRUS NDAKA JADWAL	0.546
4	YASINTUS KIKK	0.518
5	YASON ATTO	0.512
6	PAULUS LETUNA	0.477
7	JONATAN BIRE LFO	0.413
8	VANI OKTAVIA	0.367
9	ADITIA	0.357
10	THERESIA TELUPUN	0.344

Dicetak pada jam: 19 : 43 : 40 WIB

Jakarta, 18 Juni 2024
Mengetahui,
NIP: _____

Note:
"Urutk karyawan yang berada pada posisi Ranking Pertama (1) dengan Hasil Nilai Tertinggi berhak untuk menerima pengangkatan sebagai Karyawan Tetap"

Gambar 9. Laporan Cetak Hasil Seleksi Penentuan Karyawan Tetap

Pada Gambar 9 di atas adalah hasil laporan cetak data hasil seleksi penentuan karyawan tetap yang telah dilakukan proses seleksi dalam format ekstensi .pdf.

3. Pengujian Sistem dan Evaluasi

Pengujian Sistem dan Evaluasi menggunakan teknik *black box* ini dilakukan pada sisi fungsional sistem pada fitur *interface* aplikasi untuk mengetahui performa hasil rancang bangun aplikasi sistem telah sesuai dengan hasil rancangan sebelumnya.

Tabel 13. Pengujian

Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Memasukkan data <i>username</i> dan <i>password</i> pada <i>form login</i> yang benar, lalu mengklik tombol <i>login</i>	Sistem menampilkan notif "Anda Berhasil <i>Login</i> ke Halaman Utama Sistem..."	Proses <i>Login</i> Berhasil	Valid
Admin melakukan tambah data Nilai Matriks	Notif "Data Nilai Berhasil Disimpan" dan Tampil pada Tabel Alternatif	Proses tambah data Nilai Matriks berhasil	Valid
Admin melakukan hapus data Kriteria	Notif "Data Kriteria Berhasil Dihapus !!!" dan Tampil <i>Update</i> Data Kriteria.	Proses hapus data Kriteria berhasil	Valid
Admin melakukan hapus data	Alternatif Berhasil Dihapus !!!" dan Tampil <i>Update</i>	Proses hapus data Alternatif berhasil	Valid

Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Alternatif	Data Alternatif.		
Admin melakukan edit (ubah) data Nilai Matriks	Notif "Data Nilai Berhasil Disimpan" dan Tampil <i>Update</i> Pada Tabel Data Nilai Matriks	Proses edit (ubah) data Alternatif berhasil	Valid

4. KESIMPULAN

Berikut ini kesimpulan dari awal sampai akhir penelitian ini dilaksanakan yaitu, pada sistem yang berjalan saat ini masih membutuhkan banyak waktu, dikarenakan masih menggunakan cara kerja lama atau konvensional berupa form penilaian sehingga kemungkinan kesalahan dapat saja terjadi dalam hasil akhir saat penentuan karyawan tetap yang tidak memenuhi kriteria saat dibutuhkan perusahaan bahkan bisa saja dapat dimanipulasi oleh pihak-pihak terkait yang tidak bertanggungjawab. Atas dasar analisa yang telah dilakukan pada lokasi penelitian Mengusulkan sebuah rancangan sistem berbasis web yang dapat melakukan input data pada beberapa pengajuan karyawan yang akan dilakukan seleksi dengan menggunakan teknik perhitungan metode algoritma TOPSIS dalam menentukan hasil akhir yang sesuai dengan prosedur matematis berdasarkan kriteria dan bobot yang telah ditentukan, tujuan adalah mempercepat proses perhitungan dan pengolahan data karyawan yang akan dilakukan seleksi sehingga tidak melibatkan banyak form kertas yang digunakan pada saat melakukan proses seleksi penentuan calon karyawan tetap, dimana form input disediakan oleh sistem (aplikasi), mengantisipasi dan meminimalisir hal-hal yang kemungkinan terjadinya kesalahan data yang tidak diinginkan salah satunya: Data yang disimpan dalam bentuk draft dan disimpan pada folder-folder penyimpanan pada sistem yang berjalan saat ini dan sewaktu-waktu data berupa form penilaian tersebut tidak ditemukan atau hilang yang diakibatkan banyaknya data tidak terkelola dengan baik. Hal ini menjadi kendala serius saat data pada waktu-waktu tertentu dibutuhkan sebagai bentuk laporan dan mempersingkat waktu pekerjaan pada saat melakukan proses seleksi penilaian karyawan. Dikarenakan semua prosesnya akan dilakukan secara cepat oleh aplikasi yang diusulkan yang sebelumnya telah diprogram untuk menjalankan instruksi (perintah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. S. Waruwu, M. D. S. Lubis, and R. Sianturi, "Pemanfaatan Metode TOPSIS Dalam Penerima Kredit," *J. Sains dan Teknol. Widyaloka*, vol. 1, no. 2, pp. 210–212, 2022.
- [2] F. Putra and D. Novita, "Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Karyawan Terbaik Menggunakan Metode TOPSIS," *MDP Student Conf.*, vol. 2, no. 1, pp. 501–509, 2023, doi: 10.35957/mdp-sc.v2i1.4426.

- [3] F. Idam, A. Junaidi, and P. Handayani, "Pemilihan Karyawan Terbaik Menggunakan Metode Profile Matching Pada PT. Surindo Murni Agung," *J. Infortech*, vol. 1, no. 1, pp. 21–27, 2019.
- [4] L. Hairani, "Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Rekomendasi Pengangkatan Karyawan Tetap Menggunakan Metode TOPSIS Berbasis Web," *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 2, no. 2, pp. 262–267, 2021.
- [5] N. C. Resti and A. Ristyawan, "Implementasi Metode TOPSIS Untuk Rekomendasi Pengangkatan Karyawan Tetap Pada PT. Bina Artha Ventura Cabang Nganjuk," *Inf. J. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–37, 2019, doi: 10.25139/inform.v3i2.1010.
- [6] A. Hafiz, "Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Karyawan Tetap Dengan Menggunakan Metode TOPSIS," *J. Teknol. dan Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [7] C. Gunawan, "Penerapan Metode TOPSIS untuk Pengangkatan Karyawan Kontrak Menjadi Karyawan Tetap (Studi Kasus: PT Hanuraba Sawit Kencana)," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, pp. 42–50, 2020, doi: 10.33387/jiko.v3i1.1722.
- [8] M. Muhtarom and E. Susanti, "Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Peserta Didik Baru Berbasis Web Pada Sekolah Menengah Kejuruan Bintang Nusantara Karanganyar," *Device*, vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [9] H. Setiawan and F. Haiqal, "Sistem Pendukung Keputusan Metode Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution Untuk Menentukan Penerima Beasiswa Tidak Mampu Di SMK Negeri 1 Bintan Timur," *J. Bangkit Indones.*, vol. 10, no. 2, pp. 32–40, 2021, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v10i2.199.
- [10] G. I. Setiawan and I. P. E. Indrawan, "Penerapan Metode TOPSIS Dalam Perekrutan Calon Karyawan," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 962–968, 2023, doi: 10.47065/josh.v4i3.3128.
- [11] F. Muharram, "Penentuan Kendaraan Mobil Bekas Menggunakan Metode TOPSIS," *J. Tek. Inform. Kaputama*, vol. 4, no. 2, pp. 194–199, 2020.
- [12] R. M. Bahrudin, M. Ridwan, and H. S. Darmojo, "Penerapan Helpdesk Ticketing System Dalam Penanganan Keluhan Penggunaan Sistem Informasi Berbasis Web," *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 71–82, 2019.
- [13] U. Aryanti and S. Karmila, "Sistem Informasi Absensi Pegawai Berbasis Web di Kantor Desa Nagreg," *Intern. (Information Syst. Journal)*, vol. 5, no. 1, pp. 90–101, 2022, doi: 10.32627/internal.v5i1.532.
- [14] N. Rahmansyah and S. A. Lusinia, *Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan*. Padang: Pustaka Galeri Mandiri, 2021.
- [15] E. Purwaningtyas and A. R. Jatmiko, "Pengujian Black Box Website Perpustakaan Universitas Merdeka Malang Berbasis Graph Based Testing," *CI:JCS*, vol. 6, no. 1, hlm. 9–17, Mei 2024.



PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI AKREDITASI PROGRAM STUDI BERBASIS WEB DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS UDAYANA

Ni Made Cyntia Utami¹, Ni Luh Putu Lilis Sinta Setiawati², Anak Agung Istri Agung Sri Komaladewi³, Ferdiansyah Pratama Putra Setyawan⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Badung, Bali, Indonesia 80361

Nmcyntiautami@unud.ac.id, lilissintasetiawati@unud.ac.id, komaladewijegeg@gmail.com,
ferdiansyah.pratamaputrasetyawan02@student.unud.ac.id

Abstract

The accreditation process is vital for study programs to gain recognition for their performance. Accreditation applications require supplementary data to support the Program Performance Report (LKPS) and develop the Self-Evaluation Report (LED). At the Faculty of Engineering, Udayana University (FT Unud), data collection is still conducted manually, leading to inefficiencies. This study aims to develop SIAP 4.0, a web-based accreditation support system for study programs at FT Unud, adhering to Decree No. 186/M/2021 issued by Kemendikbudristek. Using the Waterfall methodology, the system was designed through stages including requirements definition, analysis, design, coding, testing, and maintenance. The system was built with the PHP Laravel framework, HTML, jQuery, and MySQL, and deployed on the Amazon Web Service EC2 Instance server. To ensure data security, user access to SIAP 4.0 is managed through registration and admin authorization. The system offers three core features: data input, visualization, and export, simplifying centralized and up-to-date data management. These functionalities enable efficient addition, editing, and deletion of accreditation data, improving the overall accreditation process at FT Unud.

Keywords: Accreditation, Information System, SIAP 4.0, Waterfall Methodology, Website

Abstrak

Pengajuan akreditasi merupakan proses penting bagi program studi untuk memperoleh pengakuan atas kinerjanya. Proses ini memerlukan data pendukung sebagai pelengkap Laporan Kinerja Program Studi (LKPS) dan panduan penyusunan Laporan Evaluasi Diri (LED). Di Fakultas Teknik Universitas Udayana (FT Unud), pengumpulan data pendukung masih dilakukan secara manual, sehingga memakan waktu. Penelitian ini bertujuan mengembangkan web berbasis sistem informasi pendukung akreditasi program studi FT Unud, yang disebut SIAP 4.0, sesuai Kepmendikbudristek No. 186/M/2021. Pengembangan menggunakan metode *Waterfall*, meliputi tahap kebutuhan sistem, analisis, desain, *coding*, *testing*, dan *maintenance*. *Framework* PHP Laravel, bahasa pemrograman HTML, jQuery, MySQL, serta server *Amazon Web Service EC2 Instance* digunakan untuk pengembangan dan *deployment*. SIAP 4.0 menjamin keamanan data melalui ID dan *password* akun pengguna yang didaftarkan kepada administrator. Sistem ini memiliki tiga fitur utama: input, visualisasi, dan ekspor data, yang memudahkan penyimpanan data secara terpusat dan mutakhir. SIAP 4.0 mendukung penambahan, pengeditan, serta penghapusan data, sehingga mempercepat dan meningkatkan efisiensi proses akreditasi di FT Unud.

Kata kunci: Akreditasi, Metode *Waterfall*, Pengembangan Sistem Informasi, SIAP 4.0, *Website*

1. PENDAHULUAN

Perguruan tinggi merupakan kelompok layanan pendidikan yang menyelenggarakan pendidikan tinggi kepada mahasiswa sebagai pihak yang mendapat layanan pendidikan dan dosen sebagai pengajarnya, dimana dalam pelaksanaannya perguruan tinggi memiliki kewajiban, yakni pendidikan dan pengajaran, penelitian, serta pengabdian kepada masyarakat [1]. Sedangkan program

studi adalah bagian dari kelompok layanan pendidikan, yakni perguruan tinggi dimana program studi berfokus pada satu jenis bidang atau ilmu tertentu [2]. Untuk menunjukkan kelayakan pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi, program studi perlu melakukan pengajuan akreditasi. Pihak luar institusi perguruan tinggi akan melakukan evaluasi standar kualitas institusi terkait sebelum mendapat pengakuan resmi oleh Badan Akreditasi Nasional Perguruan

Tinggi (BAN-PT) [3]. BAN-PT diberikan kewenangan dalam pertimbangan dan penetapan mutu institusi perguruan tinggi mengikuti standar yang berlaku [4]. Proses akreditasi institusi perguruan tinggi melibatkan evaluasi menyeluruh serta penilaian terperinci terhadap komitmen perguruan tinggi dalam memastikan kelayakan program-program dan unit-unit pendidikan mereka [5].

Kewajiban perguruan tinggi dan program studi adalah mengikuti ketentuan BAN-PT sebagai acuan dalam pengajuan akreditasi program studi [6]. Dalam upaya untuk mengajukan akreditasi, proses pengumpulan data diperlukan guna menyempurnakan Laporan Kinerja Program Studi (LKPS) dan menyusun Laporan Evaluasi Diri (LED) dimana kedua laporan tersebut merupakan instrumen baru akreditasi oleh BAN-PT [5]. Fakultas Teknik Universitas Udayana (FT Unud) mendelegasikan penyusunan LKPS dan LED kepada Unit Pengelola Program Studi (UPPS) dalam hal ini adalah fakultas bersama program studi. Proses pengumpulan data masih terjadi secara manual yang menyebabkan proses tersebut memakan waktu yang signifikan. Proses ini dipandang tidak efisien dan efektif, dan akan membebani *task force* ditugaskan untuk melakukan penyusunan instrumen akreditasi. Berdasarkan permasalahan tersebut dipandang perlu adanya sebuah sistem penyimpanan dan pengolahan sebagai solusi jangka panjang inefisiensi yang terjadi atau sistem informasi berbasis web. Sistem informasi berbasis web memiliki kapabilitas dalam menangani dokumen dengan aman dan efisien dibandingkan dengan metode konvensional [7].

Ahmadian melakukan penelitian perancangan web program studi sebagai basis sistem informasi untuk keperluan akreditasi. Penelitian ini dilakukan dengan metode *Rapid Application Development* (RAD) dan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL. Sistem informasi yang diberi nama SIDASI 4.0 ini dibuat untuk dokumentasi seluruh kegiatan program studi secara digital demi keperluan akreditasi. SIDASI 4.0 memberikan pengguna ID dan *password* ketika mengakses web demi keamanan data pengguna dari pencuri data (*hacker*) [8].

Muslihi & Hutomy juga melakukan penelitian perancangan sistem informasi akreditasi dengan tujuan untuk memudahkan pengisian dan pengolahan data instrumen akreditasi. Sistem informasi akreditasi yang telah dirancang memiliki kemampuan untuk menampilkan berbagai *output* data terkait dengan akreditasi program studi, termasuk informasi tentang visi dan misi, struktur organisasi, data mahasiswa, alumni, dosen, mata kuliah, kurikulum, alokasi dana, fasilitas, kegiatan penelitian, hak kekayaan intelektual, artikel ilmiah, serta pengabdian kepada masyarakat [9].

Gunawan melakukan penelitian perancangan sistem akreditasi program studi berbasis web yang dilatarbelakangi proses pengumpulan data dan penyusunan instrumen

akreditasi menggunakan metode konvensional sehingga proses penilaian akreditasi tertunda cukup lama. Temuan dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa keberadaan sistem informasi dapat mengatasi masalah terkait dokumentasi atau penyimpanan dokumen terkait standar dalam proses akreditasi, serta mampu memberikan evaluasi atau penilaian terhadap akreditasi suatu program studi [10].

Perancangan web sebagai sistem informasi digital dapat menjadi salah satu alternatif untuk membantu proses pengumpulan data, dengan konsep sistem informasi yang mampu menyimpan dan mengolah data yang diperlukan untuk instrumen akreditasi. Untuk itu, tujuan dalam penelitian ini adalah merancang sistem informasi pendukung akreditasi program studi berbasis web untuk program studi di lingkungan FT Unud dan menyusun panduan penggunaan rancangan sistem informasi agar memudahkan adopsi sistem oleh pengguna di tingkat program studi ataupun fakultas. Proses perancangan merujuk pada Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia No. 186/M/2021 tentang Program Studi yang Diakreditasi oleh Lembaga Akreditasi Mandiri yang selanjutnya diberi nama SIAP 4.0 [11]. Metode yang digunakan dalam perancangan sistem adalah metode *Waterfall*. Pendekatan sistematis dalam metode *Waterfall* memiliki syarat bahwa penelitian harus dimulai dari identifikasi kebutuhan sistem, kemudian melalui tahap analisis sistem, dilanjutkan dengan desain *user interface*, *coding* untuk menerjemahkan desain ke bahasa pemrograman, *testing/verification*, dan tahap keberlanjutan sistem dengan *maintenance*. Metode *Waterfall* cukup ideal untuk proyek-proyek seperti pengembangan perangkat lunak, dimana hasil akhir sudah ditetapkan sebelum memulai proyek, dan cocok digunakan untuk proyek-proyek yang membutuhkan banyak ketentuan [12]. Proses perancangan menggunakan *framework* PHP Laravel dan bahasa pemrograman HTML, jQuery, dan MySQL.

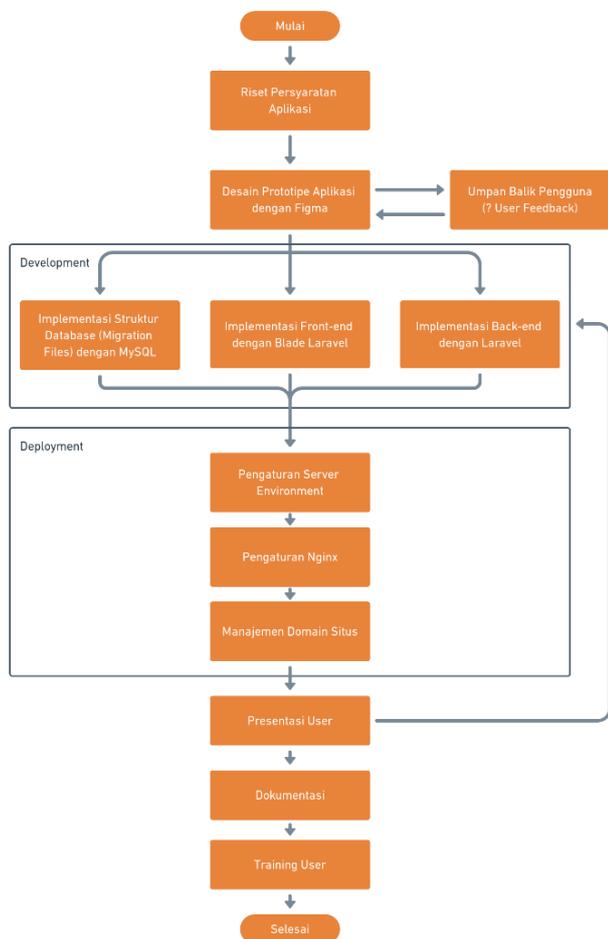
Peningkatan efektivitas dan efisiensi dalam menyusun instrumen akreditasi program studi adalah urgensi dilakukannya penelitian. Penelitian ini sejalan dengan *roadmap* penelitian Universitas Udayana yaitu bidang unggulan infrastruktur, material, dan teknologi informasi, khususnya pengembangan web *services*.

2. METODE PENELITIAN

Metode *Waterfall* adalah metode yang digunakan untuk implementasi dalam rancangan web program studi FT Unud. Metode *Waterfall* dalam pengembangan sistem adalah pendekatan yang berurutan dan sistematis, dimulai dengan analisis kebutuhan sistem dan pengguna, lalu melanjutkan dengan langkah-langkah perencanaan seperti perancangan sistem dan *database*, *coding*, *testing* dan *maintenance* dari sistem yang telah dikembangkan [13].

Metode *Waterfall* terdiri atas lima tahap, antara lain tahap riset persyaratan aplikasi, tahap desain prototipe aplikasi

dengan Figma, tahap *development*, tahap *deployment*, dan tahap presentasi, dokumentasi, serta *training user*. Diperlukan diagram alir penelitian untuk menjelaskan metode penelitian yang akan dilaksanakan secara visual dan memudahkan pembaca memahami tahapan penelitian. Diagram alir yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1 Diagram Alir Penelitian berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengembangan sistem informasi dalam metode *Waterfall* dilakukan secara berurutan dan setiap tahap mengacu pada hasil dari tahap sebelumnya. Metode *Waterfall* berjalan satu arah sehingga tahap-tahap yang telah dilalui tetap dipertahankan sampai hasil akhir perancangan. Tahap *Waterfall* yang diimplementasikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.1 Riset Persyaratan Aplikasi

Pada tahap ini *project manager* akan berempati kepada klien untuk membahas masalah yang dialami. *Project manager* akan membuat *Product Requirement Document* (PRD) yang berisi ajuan solusi dan juga *user story* yang perlu diselesaikan tim *developer*.

2.2 Desain Prototype Aplikasi dengan Figma

Tahap ini memungkinkan *user* untuk melihat gambaran dari aplikasi yang akan dibuat nantinya sebelum diimplementasikan dengan bantuan aplikasi Figma. Prototype yang dihasilkan akan interaktif sehingga interaksi dari komponen di aplikasi dapat ditinjau sebelum implementasi oleh *developer*. *User feedback* diperlukan setelah *user* melihat gambaran aplikasi untuk pengembangan aplikasi dan efektivitas waktu pengerjaan jika terdapat pembaharuan komponen aplikasi dari *user feedback*.

2.3 Development

Tahap ini berisi tiga hal utama yaitu implementasi struktur *database* dengan MySQL berdasarkan kebutuhan data, implementasi *front-end* dengan Blade Laravel untuk penyediaan konten dinamis, dan implementasi *back-end* dengan Laravel untuk pengembangan aplikasi. Keunggulan MySQL sebagai alat yang tepat untuk merancang struktur *database* adalah sifatnya yang *open-source*, dipadukan dengan komunitas yang dinamis dan perbaikan secara terus-menerus menjadikannya pilihan yang tepat bagi pengembang aplikasi [14]. Penggunaan *framework* PHP Laravel mempermudah proses penyatuan *Front-end* dan *Back-end* karena menggunakan konsep *Model, View, Controller* (MVC) yang terdiri dari model basis data, tampilan visual data, dan pengendalian data [15].

2.4 Deployment

Tahap ini berisi tiga bagian utama yaitu pengaturan server *environment* untuk menjamin stabilitas dan keamanan karena sensitivitas dari data yang disimpan, lalu pengaturan Nginx untuk *filter* konten yang bisa diakses oleh dunia luar terhadap apa yang ada di server, dan bagian manajemen domain situs untuk memudahkan *user* mengakses situs.

2.5 Presentasi User

Tahap ini dimulai dari presentasi *user* untuk memastikan *user story* sudah sesuai persetujuan. Dokumentasi dilakukan untuk pemeliharaan dan peningkatan layanan. *Training user* dilaksanakan untuk melatih *user* menggunakan aplikasi berdasarkan dokumentasi dan klarifikasi penggunaan aplikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini terbagi atas 5 sub bab, yakni sub bab riset persyaratan aplikasi, sub bab *user journey*, sub bab *development*, sub bab *deployment*, dan sub bab presentasi *user*, dokumentasi, serta *training user*. Sub-sub bab tersebut berisi penjelasan detail dari tahapan-tahapan penelitian sesuai acuan penelitian yakni pada diagram alir penelitian yang sudah dijelaskan pada bab 2 sebelumnya dan berurutan.

3.1 Riset Persyaratan Aplikasi

Tahap persiapan pembuatan aplikasi ada penyusunan *Product Requirement Document* (PRD) yang terdiri dari pendefinisian a) *objectives*, b) *features*, c) *system and environment requirements*, dan d) *assumption, constraints, and dependencies*.

a. Objectives

Pembuatan SIAP 4.0 berawal dari kebutuhan sistem untuk melakukan pendokumentasian data-data yang diperlukan untuk proses akreditasi program studi. Adanya SIAP 4.0 diharapkan dapat memberikan data-data yang lebih akurat dan terpusat untuk program studi yang akan melakukan akreditasi. Selain itu, adanya SIAP 4.0 juga menghemat waktu yang diperlukan untuk proses *data collections* di setiap saat program studi akan melakukan akreditasi.

b. Features

Fitur yang dibutuhkan pada SIAP 4.0 adalah fitur data *entry*, *xlsx download*, dan *graph*. Fitur data *entry* memungkinkan pendokumentasian data yang lebih mudah dan menyeluruh di setiap program studi melalui penjadwalan reguler admin prodi/seluruh dosen untuk mengisi data-data berkaitan dengan akreditasi. Fitur *xlsx download* memungkinkan para *task force* akreditasi untuk mendapatkan *file* dengan format *.xlsx* yang disesuaikan dengan kebutuhan LAM Teknik.

c. System and Environment Requirements

Sistem Informasi Akreditasi Program Studi (SIAP) 4.0 merupakan *web-based information system* yang akan dibuat secara mandiri untuk program studi di lingkungan Fakultas Teknik. Untuk tahap *deployment*, akan dilakukan pembelian server utama antara *Amazon Web Services* atau *DigitalOcean*. Investasi lain yang dibutuhkan adalah pembelian domain.

d. Assumption, Constraints, and Dependencies

Dalam implementasi penggunaan sistem ini, batasan yang harus dipertimbangkan adalah terkait integrasi data pusat Universitas Udayana pada IMISSU dengan sistem ini. Perlu dikoordinasikan lebih lanjut izin integrasi data yang akan membuat sistem ini lebih sederhana dan efisien.

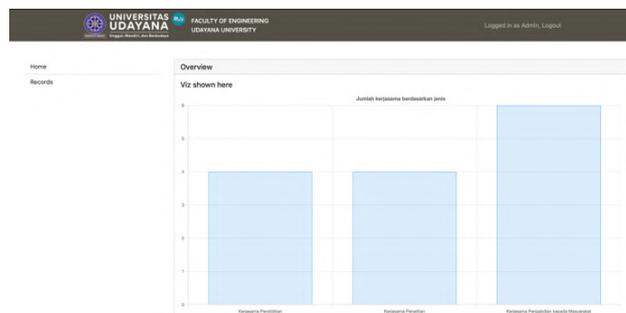
3.2 User Journey

Rangkaian langkah yang dilalui oleh *user* ketika mengakses SIAP 4.0 dapat dirancang setelah tim *developer* melakukan riset persyaratan aplikasi. Perjalanan pengguna atau *user* dalam menggunakan SIAP 4.0 dapat dijelaskan dengan beberapa tahapan berikut.

- Admin program studi dan dosen diberikan akses pengisian data ke sistem. Selanjutnya, dijadwalkan secara rutin dalam satu semester sekali, dosen dan admin prodi melakukan *update* data di SIAP 4.0.
- Selanjutnya data akan disimpan pada *database* SIAP 4.0 dan divisualisasikan secara otomatis pada web sesuai dengan kebutuhan akreditasi.
- Seluruh aspek yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya dalam fakultas program studi dapat dilihat kemajuan pencapaian standarnya untuk kemudian digunakan sebagai data pendukung akreditasi.
- Apabila program studi akan melakukan akreditasi, maka program studi dapat melakukan *download file* dengan *.xlsx* format yang telah disesuaikan dengan kebutuhan LAM Teknik sehingga proses pengisian LKPS dapat dilakukan dengan cepat.
- Selanjutnya, dalam pembuatan LED, para *task force* akreditasi juga dapat menggunakan grafik-grafik yang tersedia pada web untuk melaporkan kinerja program studi.

3.3 Development

Saat ini, pengerjaan SIAP 4.0 telah memasuki tahap *development*. Pengembangan web dilakukan dengan bahasa pemrograman PHP dengan *framework* Laravel. Tahap *development* dimulai dari pembuatan *dashboard*. Gambar 2 *Dashboard Web* menunjukkan menu utama yang terdapat pada web dan visualisasi.



Gambar 2. *Dashboard Web*

Dashboard yang telah dibuat, maka akan dilanjutkan ke proses pembuatan menu *entry* data dosen sebagai fitur untuk memasukkan data dosen yang ditunjukkan oleh Gambar 3 Menu *Entry Data Dosen*. Menu *entry* data dosen berisi identitas dosen, sertifikat kompetensi, dan mata kuliah yang diampu dosen.

Gambar 3. Menu Entry Data Dosen

Proses selanjutnya adalah pembuatan rekap data mahasiswa untuk menunjukkan rekap data mahasiswa yang dapat dilihat pada Gambar 4 Rekap Data Mahasiswa. Rekapan mahasiswa bertujuan untuk dokumentasi seleksi mahasiswa sehingga *user* dapat mengetahui jumlah mahasiswa berdasarkan kategorinya seperti, jumlah calon mahasiswa, jumlah mahasiswa baru, dan jumlah mahasiswa aktif pada tahun akademik tertentu.

Seleksi Mahasiswa									New entry
#	Tahun Akademik	Daya Tampung	Jumlah Calon Mahasiswa		Jumlah Mahasiswa Baru		Jumlah Mahasiswa Aktif		
			Pendaftar	Lulus	Reguler	Transfer	Reguler	Transfer	
1	2018/2019	50	56	50	50	0	201	0	
2	2019/2020	50	94	55	55	0	177	0	
3	2020/2021	50	68	50	50	0	190	0	
4	2021/2022	50	37	33	33	0	173	0	
5	2022/2023	50	64	48	48	0	131	0	

Gambar 4. Rekap Data Mahasiswa

Kemudian, dibuatkanlah menu *entry* data kerjasama sebagai fitur untuk memasukkan data kerjasama Tridharma Perguruan Tinggi yang dapat dilihat pada Gambar 5 Menu Entry Data Kerjasama. *User* mengisi nama, jenis dan tingkat kerjasama, judul kegiatan kerjasama, manfaat bagi program studi yang diakreditasi, tanggal awal dan akhir kerjasama, serta melampirkan bukti kerjasama.

Gambar 5. Menu Entry Data Kerjasama

Setelah menu *entry* data kerjasama dibuat, dilanjutkan ke pembuatan menu rekapan kerjasama sebagai fitur untuk menunjukkan rekapan data kerjasama yang dapat dilihat pada Gambar 6 Menu Rekapan Kerjasama. Perancangan menu rekapan kerjasama memungkinkan *user* melihat status kerjasama dan melakukan pengawasan.

#	Nama	Jenis Kerjasama	Tingkat	Judul Kegiatan Kerjasama	Manfaat bagi PG yang Diakreditasi	Tanggal Awal Kerjasama	Tanggal Akhir Kerjasama	Status	Durasi (dalam Bulan)	Bukti (dalam Dokumen)
1	PT. Bank Rakyat Indonesia (Pemerin) Tbk	Kerjasama Pendidikan	International	Kajian Keagamaan Dengan di Bili Unit Alisa	Membantu bagi PG yang Diakreditasi	2019-01-01	2019-03-01	Inactive	0 bulan	Surat Pengesahan
2	Faculty of Engineering and Department of Engineering of Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Japan	Kerjasama Pendidikan	Nasional	Academic Exchange and Student Exchange	Mengembangkan perbaikan pendidikan dan penelitian dan sehingga meningkatkan perubahan antara kedua institusi	2020-01-01	2023-03-01	Active	3 tahun	Surat Pengesahan Kerjasama (SPK)
3	Balai Penelitian Teknologi Komputasi Direktorat Jenderal Bina Kemitraan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	Kerjasama Pendidikan	Local/Region	Penyusunan Program Pengajaran Kompetensi Bidang Jasa Komputasi Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	Membantu perbaikan mahasiswa bidang kebidanan serta meningkatkan knowledge, hard skill dan soft skill melalui kegiatan kegiatan pelatihan dan bimbingan teknis	2019-02-01	2019-06-25	Inactive	4 bulan	Bukti bukti Pelaksanaan Laporan hasil 24 bulan Kurikulum, Laporan Kemitraan
4	PT. Bank Rakyat Indonesia (Pemerin) Tbk	Kerjasama Pendidikan	International	Kajian Keagamaan Dengan di Bili Unit Alisa	Membantu bagi PG yang Diakreditasi	2019-01-01	2019-03-01	Inactive	0 bulan	Surat Pengesahan
5	Faculty of Engineering and Department of Engineering of Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Japan	Kerjasama Pendidikan	Nasional	Academic Exchange and Student Exchange	Mengembangkan perbaikan pendidikan dan penelitian dan sehingga meningkatkan perubahan antara kedua institusi	2020-01-01	2023-03-01	Active	3 tahun	Surat Pengesahan Kerjasama (SPK)
6	Balai Penelitian Teknologi Komputasi Direktorat Jenderal Bina Kemitraan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	Kerjasama Pendidikan	Local/Region	Penyusunan Program Pengajaran Kompetensi Bidang Jasa Komputasi Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	Membantu perbaikan mahasiswa bidang kebidanan serta meningkatkan knowledge, hard skill dan soft skill melalui kegiatan kegiatan pelatihan dan bimbingan teknis	2019-02-01	2019-06-25	Inactive	4 bulan	Bukti bukti Pelaksanaan Laporan hasil 24 bulan Kurikulum, Laporan Kemitraan
7	PT. Bank Rakyat Indonesia (Pemerin) Tbk	Kerjasama Pendidikan	International	Kajian Keagamaan Dengan di Bili Unit Alisa	Membantu bagi PG yang Diakreditasi	2019-01-01	2019-03-01	Inactive	0 bulan	Surat Pengesahan
8	Faculty of Engineering and Department of Engineering of Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Japan	Kerjasama Pendidikan	Nasional	Academic Exchange and Student Exchange	Mengembangkan perbaikan pendidikan dan penelitian dan sehingga meningkatkan perubahan antara kedua institusi	2020-01-01	2023-03-01	Active	3 tahun	Surat Pengesahan Kerjasama (SPK)

Gambar 6. Menu Rekapan Kerjasama

Proses berlanjut ke pembuatan menu *entry* data program studi sebagai fitur untuk memasukkan data program studi yang ditunjukkan oleh Gambar 7 Menu Entry Data Program Studi. Data yang dimasukkan oleh *user* seperti nama dan jenis program, akreditasi, serta jumlah mahasiswa.

Gambar 7. Menu Entry Data Program Studi

Pembuatan menu selanjutnya adalah menu rekapan data program studi untuk menunjukkan rekapan data program studi yang dapat dilihat pada Gambar 8 Menu Rekapan Data Program Studi. Adanya rekapan program studi dalam fakultas memudahkan *user* dalam melakukan pengawasan pada program studi terkait akreditasi yang kadaluarsa.

#	Program Studi	Jenis Program	Akreditasi	Nomor Akreditasi	Tanggal Akreditasi	Tanggal Kadaluarsa	Jumlah Murid
1	Arsitektur	Sarjana	Terakreditasi Unggul	2853/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/2022	2022-05-10	2024-09-18	575
2	Teknik Sipil	Magister	Terakreditasi B	2237/SK/BAN-PT/Akred/M/VII/2017	2017-07-04	2022-07-04	131
3	Ilmu Teknik	Doktor	Terakreditasi B	812/SK/BAN-PT/Akred/D/IV/2019	2019-04-09	2021-04-09	71

Gambar 8. Menu Rekapan Data Program Studi

Dibuatkan menu visualisasi data kerjasama yang dapat dilihat pada Gambar 9 Visualisasi Data Kerjasama Pertama. *User* dapat mengamati jumlah kerjasama berdasarkan tingkat kerjasamanya seperti, internasional, nasional, dan regional.



Gambar 9. Visualisasi Data Kerjasama Pertama

Pengamatan *user* pada visualisasi data kerjasama juga dapat diatur berdasarkan jenis kerjasama yang dilakukan. *User* dapat meninjau jenis kerjasama yang paling berkontribusi terhadap fakultas sehingga menjadi alat bantu dalam pengambilan keputusan bagi fakultas. Jenis kerjasama terdiri dari 3 jenis seperti, kerjasama pendidikan, kerjasama penelitian, dan kerjasama pengabdian kepada masyarakat yang dapat dilihat pada Gambar 10 Visualisasi Data Kerjasama Kedua sebagai berikut.



Gambar 10. Visualisasi Data Kerjasama Kedua

Terakhir, dibuatkan *export* data sebagai fitur yang memungkinkan pengguna atau *user* melakukan *export* data berupa *.xlsx* yang telah sesuai dengan format LKPS pada LAM Teknik. Gambar *export* data dapat dilihat pada Gambar 11 *Export* Data Pertama.



Gambar 11. *Export* Data Pertama

User yang sudah melakukan *export* data ke jenis dokumen Microsoft Excel dapat melakukan penyesuaian format LKPS pada LAM Teknik. Proses penyesuaian format pada Microsoft Excel dengan ekstensi file *.xlsx* ini dapat dilihat pada Gambar 12 *Export* Data Kedua.

No	Jenis Program	Nama Program Studi	Status/Peringkat	No. dan Tgl. SK	Tgl. Kadaluarsa (HK/BB/TTTT)	Jumlah Mahasiswa saat TS
1	Akustik	Sarjana	Terakreditasi Unggul	2853/SK/BAN-PT/M-DK/S/2022	2024-09-18	575
2	Teknik Sipil	Magister	Terakreditasi B	2223/SK/BAN-PT/Dirjen/M/N/2017	2022-07-04	131
3	Ilmu Teknik	Doktor	Terakreditasi B	812/SK/BAK-PT/2019	2021-04-09	71

Gambar 12. *Export* Data Kedua

3.4 Deployment

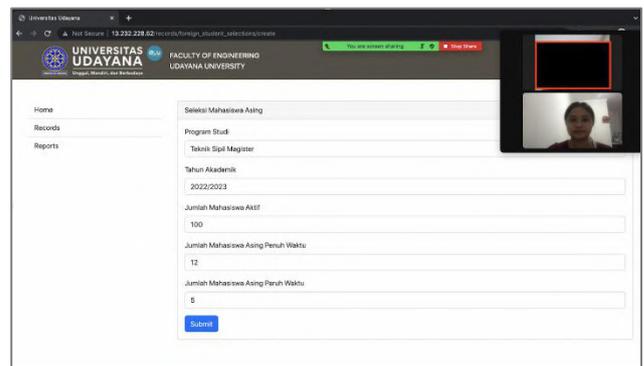
Tahap *deployment* terdiri dari tiga bagian utama yaitu pengaturan server *environment*, pengaturan Nginx, dan manajemen domain situs. Pengembangan sistem menggunakan server Amazon Web Service EC2 Instance untuk menjamin stabilitas dan keamanan karena sensitivitas dari data yang disimpan. *Website* SIAP 4.0 dapat diakses melalui link <http://13.232.228.52/> yang ditunjukkan oleh Gambar 13 Situs Web SIAP 4.0 sebagai berikut.



Gambar 13. Situs Web SIAP 4.0

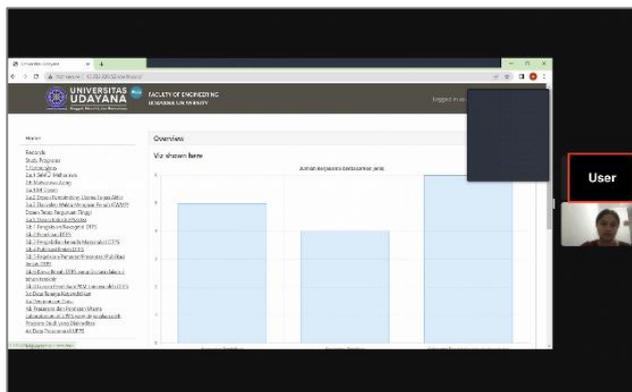
3.5 Presentasi User, Dokumentasi, dan Training User

Website SIAP 4.0 telah dikoordinasikan dengan Dekan Fakultas Teknik dan diperkenalkan kepada salah satu admin program studi untuk melakukan *training* penggunaan *website*. *Training* diawali dengan menjelaskan fungsi dari *website*, fitur-fitur, yang ada di dalamnya dan percobaan *login* serta penggunaan *website* seperti ditunjukkan Gambar 14 Penjelasan Fungsi dan Fitur-fitur *Website* SIAP 4.0 sebagai berikut.



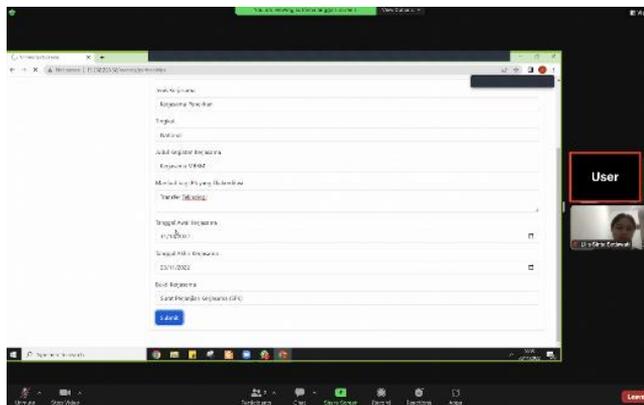
Gambar 14. Penjelasan Fungsi dan Fitur-fitur *Website* SIAP 4.0

Training berikutnya dilakukan pada menu visualisasi data oleh *user* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 15 Percobaan untuk Melihat Visualisasi. *User* diarahkan untuk menekan menu visualisasi data hingga muncul teks *overview* atau ringkasan.



Gambar 15. Percobaan untuk Melihat Visualisasi

User juga diarahkan untuk melakukan *input* data seperti pada Gambar 16 Percobaan User untuk Melakukan *Input* Data. Secara keseluruhan, *website* mudah digunakan oleh administrator dan memberikan informasi yang mudah dipahami kepada pihak pengambil keputusan, namun analisis secara lebih mendalam perlu dilakukan.



Gambar 16. Percobaan User untuk Melakukan *Input* Data

4. KESIMPULAN

Setelah pertimbangan analisis dan pembahasan dilakukan, selanjutnya terdapat dua aspek yang dapat disimpulkan sebagai berikut. Hal pertama, web sebagai basis sistem informasi pendukung akreditasi di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Udayana telah berhasil dikembangkan yang selanjutnya dinamakan SIAP 4.0. SIAP 4.0 memiliki tiga fitur utama, yaitu *input* data, visualisasi data, dan *export* data. Adanya tiga fitur utama ini akan memudahkan proses penyimpanan data yang tersentralisasi dan ter-*update* karena memungkinkan melakukan penambahan data baru, pengeditan data lama, dan penghapusan data lama. Penerapan dari proses penyimpanan data yang terpusat akan menyederhanakan proses pemantauan, pengendalian, dan pencadangan data [16]. Hal kedua adalah panduan penggunaan SIAP 4.0 belum disusun secara tuntas namun telah dilakukan percobaan penggunaan aplikasi kepada calon pengguna dan ditemukan bahwa SIAP 4.0 dapat diadopsi oleh calon pengguna.

Terdapat 3 hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas penelitian. Pertama, perlu dilakukan *testing* lebih mendalam oleh calon *user* terkait dengan potensi adopsi dari *website*. Kedua, perlu dilakukan validasi dan verifikasi kesesuaian sistem terhadap standar LKPS LAM Teknik. Ketiga, perlu dilakukan evaluasi terkait *user interface* SIAP 4.0 untuk memahami tingkat kebergunaan web bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. N. Sedyati, "Perguruan Tinggi Sebagai Agen Pendidikan dan Agen Pertumbuhan Ekonomi," *J. Pendidik. Ekon. J. Ilm. Ilmu Pendidikan, Ilmu Ekon. dan Ilmu Sos.*, vol. 16, no. 1, pp. 155–160, 2022, doi: 10.19184/jpe.v16i1.27957.
- [2] I. Meutia, "Arti Prodi, Jurusan & Fakultas: Perbedaan dan Contohnya," *Glints*. Accessed: May 15, 2024. [Online]. Available: <https://glints.com/id/lowongan/prodi-jurusan-fakultas-adalah/#pengertian-prodi>
- [3] Agus Setiabudi, "Implementasi IAPT 3.0 dan IAPS 4.0," *LP3M Unila*. Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: <https://lp3m.unila.ac.id/dokumen-penyusunan-iapt-3-0/>
- [4] S. Lande and C. Batara, "Basis Data Borang Akreditasi Program Studi Teknik Elektro Uki Paulus," in *Prosiding Seminar Nasional 2019 Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 2, 2019, Makassar: Yayasan Pendidikan dan Research Indonesia (YAPRI), Jul. 2019. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/1467914>
- [5] BAN-PT, "Kebijakan Instrumen Akreditasi BAN-PT dan LAM Berbasis SN Dikti," *LLDIKTI Wilayah VI KEMDIKBUD*. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://lldikti6.kemdikbud.go.id/wp-content/uploads/2019/11/20191009-Kebijakan-Instrumen-Akreditasi-BAN-PT-berbasis-SN-Dikti.pdf>
- [6] Melany, R. Nur, and D. Aryani, "Pemodelan Basis Data Pada Sistem Informasi Laporan Kinerja Program Studi (LKPS) Berbasis Instrumen Akreditasi Program Studi (IAPS 4.0)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (STNEI) 2020*, Makassar: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Padang, Oct. 2020, pp. 66–71. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/2272>
- [7] S. Suhada, L. N. Amali, R. Takdir, and G. Pakaya, "Web Based Development of Information System Administration," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 5, p. 052101, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/5/052101.

- [8] H. Ahmadian, I. Dwitawati, P. Teknologi Informasi, F. Sains dan Teknologi, and U. Ar-Raniry Banda Aceh, "Implementasi Sistem Informasi Pendukung Akreditasi Berbasis Web Pada Prodi Teknologi Informasi UIN Ar-Raniry," 2019. doi: 10.22373/cj.v3i2.6309.
- [9] M. T. Muslihi and A. D. Hutomy, "Pengembangan Sistem Informasi Akreditasi," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [10] G. Gunawan, Hamengkubuwono, R. Hidayat, and I. Agama Islam Negeri Curup, "Pengembangan Sistem Informasi Akreditasi Program Studi Berbasis Web," Bengkulu, 2019. doi: 10.29240/tik.v3i2.1064.
- [11] Kemendikbud, *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2020 tentang Akreditasi Program Studi dan Perguruan Tinggi*. Indonesia: Berita Negara Republik Indonesia, 2020. [Online]. Available: www.peraturan.go.id
- [12] L. Hoory and C. Bottorff, "What Is Waterfall Methodology? Here's How It Can Help Your Project Management Strategy," Forbes Advisor. Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-waterfall-methodology/>
- [13] A. Dwinggo Samala *et al.*, "Rancang Bangun Aplikasi E-Sertifikat Berbasis Web Menggunakan Metode Pengembangan Waterfall," *J. Tek. Inform.*, vol. 13, no. 2, 2020.
- [14] B. Bantia, "Demystifying MySQL: Exploring Core Concepts, Benefits, and Use Cases," Medium. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://medium.com/tessell-dbaas/mysql-concepts-benefits-and-use-cases-8f1482ac2bbb>
- [15] A. N. Erdanto, "Penerapan MVC pada Framework Laravel," Medium. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://medium.com/@albarranaufala/penerapan-mvc-pada-framework-laravel-f4588b8dcfcb>
- [16] F. A. Darmadya and F. M. Dewanto, "Perancangan Sistem Repositori Digital Berbasis Website Di PT. Kayu Lapis Indonesia," in *Science And Engineering National Seminar 7 (SENS 7)*, Semarang, Dec. 2022. Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <https://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/view/3590/2272>



SISTEM PERANGKINGAN MENENTUKAN FAKULTAS TERBAIK PENERAPAN ZONA INTEGRITAS MENGGUNAKAN METODE SAW

Sri Dewi¹, Ichwanul Muslim Karo Karo², Eviyona Laurenta Br Barus³

^{1,2} Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan

³ Fisika, Universitas Negeri Medan

Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia 20221

sridewi@unimed.ac.id, ichwanul@unimed.ac.id, eviyona@unimed.ac.id

Abstract

The Integrity Zone (ZI) is defined as a designation given to government institutions that demonstrate a strong commitment from their leadership and all levels in realising a Corruption-Free Area (WBK) and/or a Clean and Serving Bureaucracy Area (WBBM). This commitment is realised through bureaucratic reform, particularly in encouraging the prevention of corrupt practices and improving the quality of public services. The purpose of this study is to build a system that will be used to see the ranking of the implementation of the faculty Integrity Zone in an effort to support corruption prevention and improve the quality of public services, so that it can assist stakeholders in decision making. Simple Additive Weighting (SAW) was applied in this study involving 7 Faculties at Medan State University, and 8 criteria were used for evaluation. The results of the study are a website-based Integrity Zone ranking system with several features that can be accessed by visitors, namely: Home, Ranking and Login, while the admin can access the Dashboard, Criteria, Alternatives, Simple Additive Weighting Calculation, and Decision Results features. The system was tested with Black Box Testing to see that the menu functions run well.

Keywords: Ranking System, Simple Additive Weighting, WBBM, WBK, Integrity Zone

Abstrak

Zona Integritas (ZI) didefinisikan sebagai predikat yang diberikan kepada institusi pemerintahan yang menunjukkan komitmen kuat dari pimpinan dan seluruh jajaran dalam mengimplementasikan Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK) dan/atau Wilayah Birokrasi Bersih dan Melayani (WBBM). Komitmen ini diwujudkan melalui reformasi birokrasi, khususnya dalam mendorong pencegahan praktik korupsi serta peningkatan mutu layanan kepada masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah membangun sebuah sistem yang akan digunakan untuk melihat peringkat penerapan Zona Integritas fakultas dalam upaya mendukung pencegahan korupsi dan peningkatan kualitas pelayanan publik sehingga membantu pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan. Simple Additive Weighting (SAW) diterapkan dalam penelitian ini dengan melibatkan 7 Fakultas yang ada di Universitas Negeri Medan dan 8 kriteria yang digunakan untuk evaluasi. Hasil penelitian berupa sistem perangkingan Zona Integritas berbasis website dengan beberapa fitur yang dapat diakses oleh pengunjung yaitu: Home, Ranking dan Login sedangkan admin dapat mengakses fitur Dashboard, Kriteria, Alternatif, Perhitungan Simple Additive Weighting dan Hasil Keputusan. Sistem diuji dengan Black Box Testing melihat fungsi menu sudah berjalan dengan baik.

Kata kunci: Simple Additive Weighting, Sistem Perangkingan, WBBM, WBK, Zona Integritas

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia menunjukkan komitmen yang kuat dalam meningkatkan kualitas layanan publik melalui implementasi bermacam strategi yang salah satunya adalah penguatan Zona Integritas (ZI) pada institusi pemerintahan. Zona Integritas merupakan wujud nyata dari upaya reformasi birokrasi, yang bertujuan menciptakan tata kelola pemerintahan yang bersih dari praktik korupsi, kolusi, dan nepotisme. Penerapan ZI menjadi fondasi strategis dalam mewujudkan pelayanan publik yang profesional,

transparan, akuntabel, serta berorientasi pada kepuasan masyarakat[1].

Penerapan Zona Integritas merupakan upaya yang diterapkan pada pemerintah, baik di tingkat pusat maupun daerah, termasuk berbagai instansi pemerintahan, guna membangun lingkungan kerja yang jujur, terbuka, dan menjunjung tinggi nilai integritas[2]. Dalam rangka mewujudkan tata kelola pemerintahan yang bersih, transparan, akuntabel, dan berintegritas tinggi, reformasi

birokrasi menjadi strategi utama yang terus diakselerasi. Salah satu langkah penting dalam reformasi tersebut adalah pengembangan Zona Integritas dengan tujuan membentuk birokrasi bebas korupsi serta dapat melayani publik secara optimal[3].

Berdasarkan Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (MenPANRB) Nomor 10 Tahun 2019 tentang Pedoman Pembangunan Zona Integritas menuju Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK) dan Wilayah Birokrasi Bersih dan Melayani (WBBM), seluruh instansi pemerintah diwajibkan melaksanakan pembangunan Zona Integritas[4]. Ketentuan ini juga berlaku di lingkungan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek). Aturan tersebut diperkuat dengan Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 1176/P/2020 yang menetapkan pedoman pelaksanaan Zona Integritas guna menciptakan birokrasi yang bersih dari praktik korupsi serta berorientasi pada pelayanan publik yang bersih dan profesional[5].

Reformasi Birokrasi mencakup delapan bidang perubahan utama yang terbagi dalam dua kategori, yakni komponen pengungkit dan komponen hasil. Komponen pengungkit mencakup enam aspek, yaitu Manajemen Perubahan, Tatalaksana, Pengelolaan Sumber Daya Manusia (SDM), Akuntabilitas, Penguatan Pengawasan, serta Pelayanan Publik. Keenam aspek ini berfungsi sebagai representasi pelaksanaan Reformasi Birokrasi dalam skala terbatas atau miniatur. Sementara itu, komponen hasil mencakup dua tujuan utama: terciptanya pemerintahan yang bersih, akuntabel dan peningkatan kualitas layanan publik[6], [7].

Setiap Komponen area perubahan memiliki penilaiannya tersendiri yang bertujuan untuk mempercepat terlaksananya Zona Integritas Menuju Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK) dan Wilayah Birokrasi Bersih dan Melayani di Instansi Pemerintahan. Yang dalam penelitian ini akan berfokus pada lingkungan Universitas. Hal ini tidak dapat terlaksana dengan baik tanpa kolaborasi dan kerja sama semua pihak terkait baik Dosen, Pegawai, Pimpinan, Mahasiswa dan seluruh civitas akademik di lingkungan Universitas.

Perangkingan adalah proses mengurutkan data berdasarkan nilai terbesar sampai dengan nilai terkecil. Data yang mendapatkan nilai terbesar akan menempati peringkat pertama pada pengurutannya[8]. Sistem perangkingan adalah sistem informasi yang digunakan untuk mengurutkan sejumlah alternatif baik berupa objek, individu dan entitas berdasarkan kriteria tertentu yang digunakan untuk menentukan nilai tertinggi sampai dengan terendah sesuai bobot nilai yang sudah ditentukan.

Simple Additive Weighting (SAW) adalah teknik untuk menemukan pilihan paling optimal pada beberapa alternatif berdasarkan kriteria. Metode ini menetapkan bobot berbeda untuk tiap kriteria berdasarkan tingkat prioritasnya, agar

hasil penilaian bisa dihitung secara objektif dan sistematis[9], [10]. Metode SAW memiliki keunggulan dibandingkan metode pendukung keputusan lainnya karena mampu menghasilkan penilaian yang lebih akurat, dengan mengandalkan nilai kriteria dan bobot preferensi yang telah ditentukan sebelumnya sebagai dasar perhitungan[11], [12].

Meskipun berbagai instansi dan perguruan tinggi telah berupaya menerapkan Zona Integritas (ZI) sebagai bagian dari reformasi birokrasi dan peningkatan tata kelola yang baik, namun belum banyak ditemukan sistem informasi yang secara khusus mendukung proses evaluasi dan pemeringkatan kinerja ZI di lingkungan universitas. Umumnya, penilaian ZI masih dilakukan secara manual, dan kurang sistematis, sehingga menyulitkan pimpinan universitas dalam pengawasan dan membandingkan kinerja antar fakultas secara objektif dan transparan. Di sisi lain, keberadaan sistem perangkingan berbasis kriteria dan bobot tertentu telah terbukti efektif dalam membantu pengambilan keputusan di berbagai bidang.

Agar terciptanya pengawasan Zona Integritas yang baik peneliti ingin membuat suatu aplikasi yang dapat menunjang keputusan bagi pengambil keputusan untuk melihat kinerja zona integritas dengan memberikan peringkat Zona Integritas untuk tiap fakultas di lingkungan universitas menggunakan *Simple Additive Weighting*. Unit kerja atau fakultas yang berhasil membangun dan memperoleh peringkat dalam implementasi Zona Integritas diharapkan dapat berfungsi sebagai model percontohan bagi unit kerja atau fakultas lainnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian terkait sistem perangkingan telah banyak dilakukan, salah satunya oleh [13], yang berhasil merancang serta mengimplementasikan sistem dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk pemilihan guru terbaik SMK 10 November, Bekasi. Sistem ini dikembangkan dengan pendekatan metode prototipe, hasil dari penelitian ini terdapat tingkat kesesuaian sebesar 60% sementara 40% hasil tidak sesuai, ini menunjukkan bahwa metode SAW memiliki potensi dalam meningkatkan objektivitas dalam penilaian.

Penelitian juga dilakukan oleh [14], tentang Komparatif Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Weighted Product* (WP). Hasil penelitian menunjukkan metode SAW dan WP memiliki perbedaan dalam SPK. WP lebih sensitif terhadap perubahan antar kriteria, sedangkan SAW cenderung menghasilkan nilai agregat lebih tinggi. SAW lebih stabil saat kriteria *benefit* dominan, sementara WP lebih konsisten jika kriteria *cost* lebih berpengaruh.

Peneliti [15], juga pernah melakukan studi terkait penentuan peringkat siswa dengan memanfaatkan metode SAW. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui urutan peringkat siswa di kelas, yang dapat membantu guru dalam

proses pengambilan keputusan. Adapun kriteria penilaiannya meliputi Nilai UTS sebesar 30%, Nilai UAS 30%, Nilai Raport 20%, serta nilai rata-rata sebesar 20%. Penelitian ini berhasil membuat aplikasi yang mampu menghitung dan menampilkan peringkat siswa menggunakan metode SAW secara efektif.

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian sistem perangkaan zona integritas ini dibagi ke dalam enam tahapan. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan pengembangan instrumen perangkaan yang komprehensif, mulai dari fase konseptual hingga evaluasi implementasi.

1) Perencanaan

Tahap ini melibatkan beberapa kegiatan seperti: identifikasi masalah penelitian, perumusan tujuan yang didasarkan pada masalah tersebut, penentuan sumber data yang relevan, pemilihan metode penelitian yang tepat, serta studi literatur ekstensif untuk membangun kerangka teoritis yang mendukung topik penelitian.

2) Pengumpulan data dan informasi

Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan proses pengumpulan data dan informasi yang relevan secara sistematis. Proses ini meliputi ekstraksi data dari berbagai sumber jurnal ilmiah, buku dan situs daring terpercaya yang terkait.

3) Perancangan Aplikasi

Fase ini berfokus pada spesifikasi teknis aplikasi. Ini mencakup seleksi perangkat lunak yang akan digunakan, penentuan bahasa pemrograman, dan perancangan arsitektur sistem secara komprehensif. Aspek penting dalam perancangan ini adalah desain antarmuka yang meliputi spesifikasi tampilan *input* dan *output* aplikasi.

4) Membuat Aplikasi

Pada tahap ini, aplikasi dikembangkan secara menyeluruh sebagai sistem berbasis web, mengikuti arsitektur yang telah dirancang pada fase perancangan. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan luaran yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

5) Pengujian Sistem

Tujuan dari tahap pengujian adalah untuk memastikan kesesuaian kinerja perangkat lunak dengan spesifikasi yang telah direncanakan. Hasil pengujian sangat penting untuk mengidentifikasi dan mengoreksi defisiensi, sehingga berkontribusi pada peningkatan kualitas aplikasi. Pengujian dilakukan dengan *black box testing*.

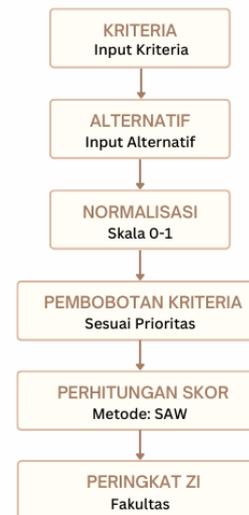
6) Implementasi Sistem

Menerapkan sistem yang telah dibangun pada zona integritas tiap fakultas di lingkungan universitas.

Pemanfaatan sistem ini digunakan sebagai alat bantu dalam evaluasi dan peningkatan berkelanjutan Zona Integritas di lingkungan universitas.

2.3. Cara Kerja Sistem

Untuk mempermudah pemahaman dan pengoperasian sistem perangkaan Zona Integritas, maka ditampilkan sebuah diagram blok yang menggambarkan alur kerja sistem secara menyeluruh. Diagram blok ini berfungsi sebagai panduan visual yang memudahkan pengguna dalam menelusuri tahapan-tahapan yang harus dilakukan, serta memastikan bahwa proses evaluasi berjalan secara sistematis, objektif, dan transparan. Cara kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Blok

1) Kriteria

Tahap awal pengoperasian sistem ini yaitu memasukkan data kriteria relevan yang esensial untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Kriteria-kriteria ini merepresentasikan aspek-aspek kunci yang akan dievaluasi secara sistematis dalam kerangka pengambilan keputusan yang dimaksud. Daftar kriteria dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kriteria

Kode	Kriteria	Bobot
C1	Manajemen Perubahan	4
C2	Tatalaksana	3,5
C3	Manajemen SDM	5
C4	Akuntabilitas	5
C5	Penguatan Pengawasan	7,5
C6	Pelayanan Publik	5
C7	Birokrasi Yang Bersih dan Akuntabel	22,5
C8	Pelayanan Publik yang Prima	17,5

2) Alternatif

Tahap selanjutnya melibatkan identifikasi dan penentuan data alternatif yang akan berperan sebagai opsi dalam sistem pendukung keputusan. Dalam konteks penelitian ini, data alternatif untuk perancangan Zona Integritas diperoleh dari daftar fakultas yang ada di Universitas Negeri Medan. Daftar alternatif yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Alternatif

Kode	Alternatif	Keterangan
A1	FMIPA	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
A2	FIS	Fakultas Ilmu Sosial
A3	FBS	Fakultas Bahasa dan Seni
A4	FE	Fakultas Ekonomi
A5	FIK	Fakultas Ilmu Keolahragaan
A6	FT	Fakultas Teknik
A7	FIP	Fakultas Ilmu Pendidikan

3) Pembobotan Kriteria

Setiap kriteria pada masing-masing alternatif perlu dinilai terlebih dahulu agar proses dapat dilanjutkan ke tahap normalisasi. Tahapan ini penting untuk menentukan bobot yang sesuai bagi setiap kriteria dalam pengambilan keputusan. Pembobotan kriteria dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Kriteria

A	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A ₁	A ₁ C ₁	A ₁ C ₂	A ₁ C ₃	A ₁ C ₄	A ₁ C ₅	A ₁ C ₆	A ₁ C ₇	A ₁ C ₈
A ₂	A ₂ C ₁	A ₂ C ₂	A ₂ C ₃	A ₂ C ₄	A ₂ C ₅	A ₂ C ₆	A ₂ C ₇	A ₂ C ₈
A ₃	A ₃ C ₁	A ₃ C ₂	A ₃ C ₃	A ₃ C ₄	A ₃ C ₅	A ₃ C ₆	A ₃ C ₇	A ₃ C ₈
A ₄	A ₄ C ₁	A ₄ C ₂	A ₄ C ₃	A ₄ C ₄	A ₄ C ₅	A ₄ C ₆	A ₄ C ₇	A ₄ C ₈
A ₅	A ₅ C ₁	A ₅ C ₂	A ₅ C ₃	A ₅ C ₄	A ₅ C ₅	A ₅ C ₆	A ₅ C ₇	A ₅ C ₈
A ₆	A ₆ C ₁	A ₆ C ₂	A ₆ C ₃	A ₆ C ₄	A ₆ C ₅	A ₆ C ₆	A ₆ C ₇	A ₆ C ₈
A ₇	A ₇ C ₁	A ₇ C ₂	A ₇ C ₃	A ₇ C ₄	A ₇ C ₅	A ₇ C ₆	A ₇ C ₇	A ₇ C ₈

4) Normalisasi

Proses normalisasi matriks dilakukan dengan cara menyesuaikan atau mengubah nilai dari setiap alternatif A_i berdasarkan masing-masing kriteria C_j. Jika kriterianya bersifat keuntungan (*Benefit*), maka setiap nilai X_{ij} dalam kolom dibagi dengan nilai tertinggi X_{ij} Max (Maksimal)

pada kolom tersebut. Sebaliknya, jika kriterianya berupa biaya (*Cost*), maka nilai terendah X_{ij} Min (Minimal) pada kolom dibagi dengan setiap nilai X_{ij} dalam kolom tersebut. Proses normalisasi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Normalisasi

A ₁	A ₂	A ₃
$r_{11} = \frac{A_1 C_1}{Max(C_1)}$	$r_{11} = \frac{A_2 C_1}{Max(C_1)}$	$r_{11} = \frac{A_n C_1}{Max(C_1)}$
$r_{12} = \frac{A_1 C_2}{Max(C_2)}$	$r_{22} = \frac{A_2 C_2}{Max(C_2)}$	$r_{n2} = \frac{A_n C_2}{Max(C_2)}$
$r_{13} = \frac{A_1 C_3}{Max(C_3)}$	$r_{23} = \frac{A_2 C_3}{Max(C_3)}$	$r_{n3} = \frac{A_n C_3}{Max(C_3)}$
$r_{14} = \frac{A_1 C_4}{Max(C_4)}$	$r_{24} = \frac{A_2 C_4}{Max(C_4)}$	$r_{n4} = \frac{A_n C_4}{Max(C_4)}$
$r_{15} = \frac{A_1 C_5}{Max(C_5)}$	$r_{25} = \frac{A_2 C_5}{Max(C_5)}$	$r_{n1} = \frac{A_n C_5}{Max(C_5)}$
$r_{16} = \frac{A_1 C_6}{Max(C_6)}$	$r_{26} = \frac{A_2 C_6}{Max(C_6)}$	$r_{11} = \frac{A_n C_6}{Max(C_6)}$
$r_{17} = \frac{A_1 C_7}{Max(C_7)}$	$r_{27} = \frac{A_2 C_7}{Max(C_7)}$	$r_{11} = \frac{A_n C_7}{Max(C_7)}$
$r_{18} = \frac{A_1 C_8}{Max(C_8)}$	$r_{28} = \frac{A_2 C_8}{Max(C_8)}$	$r_{11} = \frac{A_n C_8}{Max(C_8)}$

5) Menghitung Skor

Setelah proses normalisasi matriks selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai preferensi (V) tiap-tiap alternatif. Perhitungan ini dilakukan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara nilai pada matriks normalisasi (R) dengan bobot masing-masing kriteria (W). Hasil dari perhitungan adalah nilai preferensi untuk masing-masing alternatif, sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan 1.

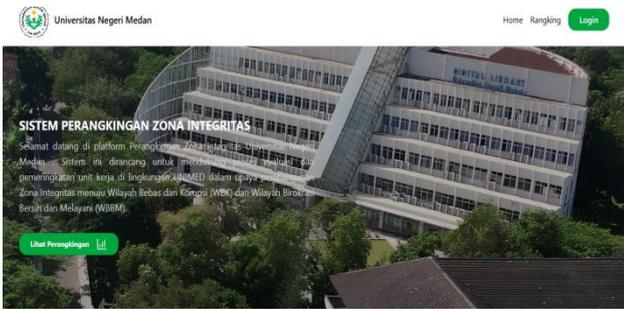
$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

Dalam proses pengambilan keputusan, alternatif yang memperoleh nilai tertinggi dianggap sebagai pilihan paling unggul dan dijadikan dasar pertimbangan utama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Setelah proses desain selesai selanjutnya proses implementasi *website* zona integritas menampilkan aplikasi yang digunakan untuk perancangan:



Gambar 2. Halaman Home

Halaman *Home* pada Gambar 2 berisi informasi singkat tentang sistem perangkingan zona integritas, terdapat beberapa halaman yang dapat diakses oleh pengunjung yaitu *Home*, *Ranking* dan *Login*.

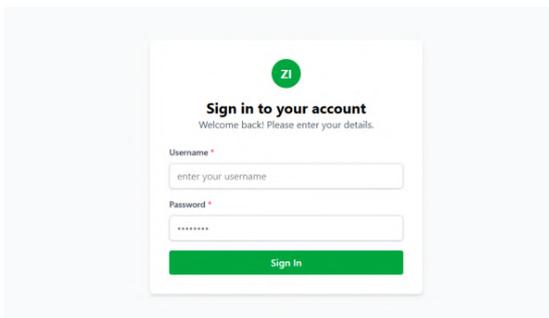
Pada halaman *ranking* menampilkan hasil pengurutan zona integritas setiap fakultas di Universitas Negeri Medan. Berdasarkan alternative yang telah dimasukkan. Halaman *ranking* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Halaman Ranking

Halaman *ranking* dapat diakses oleh pengguna untuk mendapatkan informasi perangkingan setiap fakultas dan melihat hasil perangkingan.

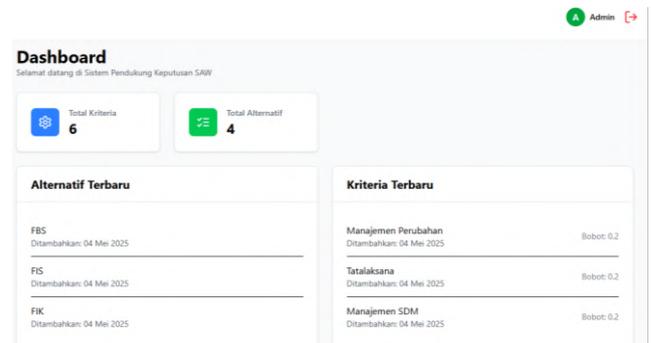
Halaman *Login* adalah bagian dari antarmuka pengguna yang digunakan untuk identifikasi pengguna yang memiliki hak akses sebagai *admin*. Halaman *login* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Halaman Login

Halaman *login* diatas hanya dapat diakses oleh *admin* untuk dapat masuk ke dalam pengolahan data Zona Integritas. Hal ini untuk membatasi akses pada fitur-fitur yang dilindungi dan terbatas.

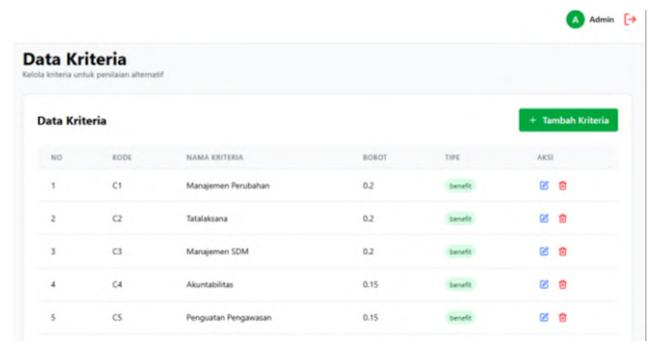
Setelah *admin* berhasil masuk ke dalam sistem pengolahan data perangkingan zona integritas *admin* akan langsung diarahkan ke halaman *dashboard*. Tampilan halaman *dashboard* yang hanya dapat diakses oleh *admin* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Halaman Dashboard

Pada halaman *dashboard* ini ada banyak menu yang dapat diakses oleh *admin* untuk menjalankan sistem perangkingan zona integritas. Ada beberapa menu yang bisa diakses yaitu: menu kriteria, alternatif, perhitungan SAW dan Hasil Keputusan.

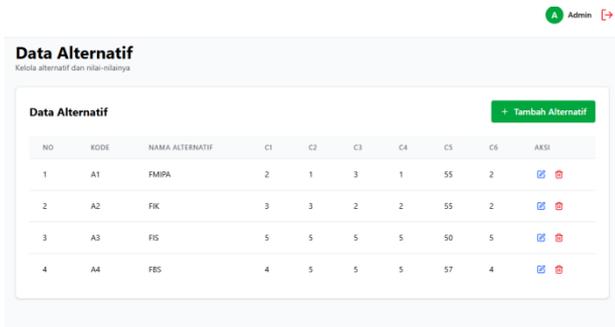
Halaman kriteria digunakan untuk memasukkan kriteria apa saja yang digunakan untuk perangkingan zona integritas. Tampilan halaman kriteria dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Halaman Kriteria

Dalam halaman kriteria *admin* dapat menambah dan mengurangi setiap kriteria yang digunakan untuk perangkingan. Pada kasus zona integritas ini digunakan 8 kriteria perubahan yaitu: manajemen perubahan, tatalaksana, manajemen SDM, akuntabilitas, penguatan pengawasan dan pelayanan publik, birokrasi yang bersih dan akuntabel serta pelayanan publik yang prima. Kriteria ini digunakan untuk menentukan perangkingan zona integritas tiap fakultas.

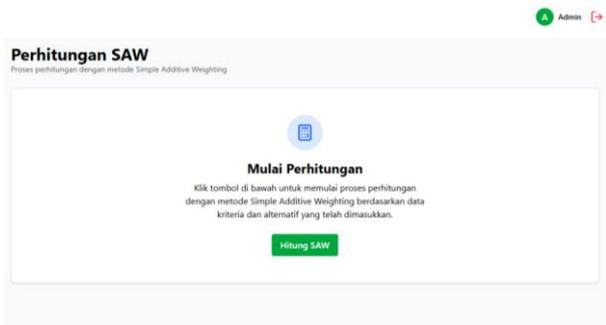
Halaman alternatif digunakan untuk memasukkan data pilihan fakultas yang akan di-*ranking*. Proses memasukkan data ini dilakukan oleh *admin*. Tampilan dari halaman alternatif dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Halaman Alternatif

Pada halaman alternatif *admin* dapat mengelola data untuk menambah atau menghapus pilihan alternatif yang akan di *ranking*.

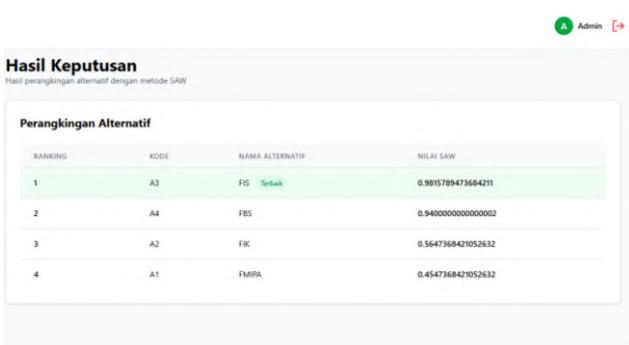
Halaman Perhitungan SAW digunakan untuk memasukkan nilai dari alternatif yang sudah diberikan sebelumnya dengan menggunakan perhitungan *Simple Additive Weighting* (SAW). Halaman perhitungan metode SAW dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Halaman Perhitungan SAW

Pada proses ini melibatkan penilaian setiap alternatif berdasarkan kriteria terdapat 8 kriteria perubahan yaitu manajemen perubahan, tatalaksana, manajemen SDM, akuntabilitas, penguatan pengawasan, pelayanan publik, birokrasi yang bersih dan akuntabel serta pelayanan publik yang prima yang sudah dimasukkan sebelumnya.

Halaman Hasil Keputusan digunakan untuk melihat hasil keputusan setelah nilai pada setiap kriteria dimasukkan dan sudah dilakukan perhitungan. Untuk melihat hasil keputusan dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Hasil Keputusan

Pada halaman hasil keputusan dapat dilihat *ranking* setiap fakultas dalam menerapkan zona integritas. Fakultas yang memiliki zona integritas yang baik akan menempati posisi yang pertama. Perangkingan ini dihitung berdasarkan metode SAW yang diterapkan dalam pengkodean sistem.

4. KESIMPULAN

Disimpulkan dari penelitian ini bahwa pembuatan website sistem perangkingan zona integritas untuk setiap fakultas telah berhasil dilakukan dengan menerapkan metode *Simple Additive Weighting*, Sistem ini mampu:

- 1) Menampilkan data zona integritas secara transparan, sehingga memudahkan pimpinan dan unit kerja dalam memantau perkembangan masing-masing fakultas dalam penerapan zona integritas.
- 2) Mempermudah proses perangkingan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, sehingga menghasilkan peringkat yang objektif dan minim intervensi manual.
- 3) Meningkatkan kesadaran unit kerja terhadap pentingnya implementasi zona integritas melalui visualisasi capaian yang mudah diakses dan dipahami berdasarkan peringkat fakultas.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi indikator keberhasilan yang dirancang, baik dari sisi fungsionalitas, kemudahan akses, maupun dampak terhadap peningkatan budaya integritas di lingkungan fakultas. Namun, disarankan untuk melakukan pengembangan lanjutan guna mengakomodasi umpan balik pengguna dan memastikan keberlanjutan pemanfaatan sistem.

Ucapan Terima Kasih

Penghargaan dan terima kasih kepada LPPM Universitas Negeri Medan untuk dukungan lewat pendanaan yang diberikan dari program Hibah Penelitian Dasar. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang berperan pada penyelesaian penelitian sehingga kegiatan penelitian dapat berjalan tanpa hambatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Trisia and P. Azairin, “ZONA INTEGRITAS DAN IRONI PERILAKU KORUPTIF APARAT PENEGAK HUKUM (Integrity Zone and the Irony of Corrupt Behavior Among Law Enforcement Officials),” vol. 54, 2024.
- [2] E. B. Sulistio, “PENGARUH PENERAPAN ZONA INTEGRITAS TERHADAP TINGKAT KEPERCAYAAN MASYARAKAT DI KABUPATEN PRINGSEWU (Studi Pada Unit Layanan Sistem Administrasi Manunggal Satu Atap),” vol. 11, pp. 2015–2019, 2024.
- [3] J. Biahimo, S. M. Wantu, Y. Aneta, and I. Sulila, “Transformasi Zona Integritas Menuju Birokrasi Bebas Korupsi : Tinjauan Kebijakan dan Strategi Implementasi di Pemerintah Provinsi Gorontalo,”

- no. 1, pp. 1–14, 2025.
- [4] T. Ifada, S. HS, and A. Soesiantoro, “Penerapan Pedoman Pembangunan Zona Integritas Menuju WBK dan WBBM (Studi Kasus di Biro Organisasi Sekretariat Daerah Provinsi Jawa Timur),” *PRAJA Obs. J. Penelit. Adm. Publik*, vol. 1, no. 1, pp. 203–210, 2021.
- [5] N. A. Makarim, “Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 1176/P/2020 Tentang Pedoman ZI-WBK/WBBM di Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan,” *Kementeri. Pendidik. dan Kebud. Republik Indones.*, 2020.
- [6] K. Wbk, D. I. Kantor, B. Samsat, and S. Barat, “Implementasi Pembangunan Zona Integritas Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK) di Kantor Bersama SAMSAT Donny Anggara, Sapto Pramono SMIA – Vol. 2 No. 2 Tahun 2024,” vol. 2, no. 2, pp. 393–404, 2024.
- [7] A. S. Hanafi and M. Harsono, “Pelaksanaan Reformasi Birokrasi Dengan Pembangunan Zona Integritas Pada Kementerian Perindustrian [Implementation of Bureaucratic Reform with the Construction of an Integrity Zone at the Ministry of Industry],” *J. Inf. dan Komun. Adm. Perkantoran JIKAP*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [8] H. Sibyan, “Implementasi Metode SMART pada Sistem Pendukung Keputusan Penerima Beasiswa Sekolah,” *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 7, no. 1, pp. 78–83, 2020, doi: 10.32699/ppkm.v7i1.1055.
- [9] M. Saw and S. Royal, “Penerapan metode saw untuk pemilihan komputer multimedia di stmik royal kisaran menggunakan metode saw,” vol. 4307, no. February, pp. 11–19, 2021.
- [10] D. Asia and M. Metode, “Sistem Penunjang Keputusan Untuk Menentukan Negara Tempat Berlibur,” vol. 4, pp. 10160–10172, 2024.
- [11] V. No, J. Hal, and A. Lisdiyanto, “Sistem Penilaian Kinerja Tridharma Dosen Menggunakan SAW,” vol. 5, no. 1, pp. 69–72, 2023.
- [12] N. Hanin and A. C. Adi, “Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Cafe Bagi Mahasiswa Kota Pontianak Dengan Metode SAW,” *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 9, no. 2, pp. 95–102, 2023, doi: 10.25077/teknosi.v9i2.2023.95-102.
- [13] N. Nurhadi, “Implementasi Metode Simple Additive Weighting dan Metode Prototipe untuk Perangkingan Guru Terbaik,” 2025.
- [14] M. Sutoyo, “Komparatif Metode Simple Additive Weighting (SAW) dan Weighted Product (WP) dalam Sistem Pendukung Keputusan,” *Bianglala Inform. J. Komput. Dan Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 88–94, 2024.
- [15] L. Nurlaela, S. Suprpto, and U. Usanto, “Sistem Pendukung Keputusan Pemingkatan Siswa Menggunakan Metode Saw(Simple Additive Weigthing),” *Jeis J. Elektro Dan Inform. Swadharma*, vol. 1, no. 2, pp. 19–25, 2021, doi: 10.56486/jeis.vol1no2.98.



SISTEM KLASIFIKASI BERBASIS *ANDROID* UNTUK PENYAKIT BUAH KAKAO MENGGUNAKAN CNN *NASNET-MOBILE*

Gregorius Albertus Setu Gado¹, Putri Noraisya Primandari²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60118
gregoriusalbertus23@gmail.com, putrinoraisya@untag-sby.ac.id

Abstract

*Cocoa is an important commodity in Indonesia that is susceptible to pathogen-induced diseases. These diseases reduce fruit quality and are difficult to recognise at an early stage. This research uses a Convolutional Neural Network (CNN) method with a transfer learning approach and NASNet-Mobile architecture to facilitate the classification of cocoa fruit diseases. The data consisted of 2000 images of diseased and non-diseased cocoa pods divided into four classes, namely Cocoa Pod Rot (Black Pod), Fruit Sucking Ladybugs (*Helopeltis* sp), Fruit Borer (Pod Borer) and Normal. Training was conducted for 25 epochs using Google Colab. The best model produced 99.11% training accuracy, 96.14% validation, and 94.88% testing. The model was implemented into an Android device and field tested with 93.33% accuracy, 98.5% recall, 57.1% precision, and 71.6% F1-score. This system is effective in helping early detection of cocoa pod disease in a practical, efficient manner without reducing the accuracy value.*

Keywords: Classification, CNN, NASNet-Mobile, Plant Disease, Transfer Learning

Abstrak

Kakao merupakan komoditas penting di Indonesia yang rentan terhadap penyakit yang diakibatkan patogen. Penyakit ini menurunkan kualitas buah dan sulit dikenali pada tahap awal. Penelitian ini menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan pendekatan *transfer learning* dan arsitektur *NASNet-Mobile* untuk memudahkan klasifikasi penyakit buah kakao. Data terdiri dari 2000 citra buah kakao berpenyakit dan tidak berpenyakit yang terbagi dalam empat kelas yaitu Busuk Buah Kakao (*Black Pod*), Kepik Penghisap Buah (*Helopeltis* sp), dan Penggerek Buah (*Pod Borer*) dan Normal. Pelatihan dilakukan selama 25 *epoch* menggunakan *Google Colab*. Model terbaik menghasilkan akurasi pelatihan 99,11%, validasi 96,14%, dan pengujian 94,88%. Model diimplementasikan ke dalam perangkat *android* dan diuji di lapangan dengan akurasi 93,33%, *recall* 98,5%, presisi 57,1%, dan *f1-score* 71,6%. Sistem ini efektif membantu deteksi dini penyakit buah kakao secara praktis, efisien tanpa mengurangi nilai akurasi.

Kata kunci: CNN, Klasifikasi, *NASNet-Mobile*, Penyakit Tanaman, *Transfer Learning*

1. PENDAHULUAN

Tanaman kakao dengan nama latin *Theobroma cacao*, adalah pohon kecil yang biasanya tumbuh antara 4 hingga 8 meter tingginya. Daun-daunnya berbentuk oval, berwarna hijau tua, dan berukuran sekitar 15-30cm panjangnya. Buah kakao memiliki bentuk oval atau lonjong, berwarna kuning, oranye, atau merah ketika masak. Buah dari tanaman kakao menjadi komoditas ekspor yang cukup besar bagi Indonesia. Komoditi kakao di Indonesia merupakan salah satu komoditi yang memberikan kesempatan usaha dan kerja, sebagai sumber kehidupan bagi jutaan penduduk yang bergerak aktif dalam kegiatan produksi, pengolahan hasil, pemasaran[1]. Tanaman kakao yang normal menghasilkan buah yang berkualitas bagus, akan tetapi tanaman kakao

rentan terkena penyakit yang diakibatkan jamur, hama ataupun bakteri. Petani umumnya yang berada di daerah terpencil sulit mengidentifikasi dan mengklasifikasikan penyakit dengan tepat karena minimnya pengetahuan akan jenis-jenis penyakit yang menyerang tanaman kakao, sehingga penanganan pun menjadi kurang tepat. Beberapa penyakit yang sering terdapat pada tanaman kakao yaitu busuk buah, kanker batang, kepik penghisap buah, antraksnosa, upas dan penyakit-penyakit lain seperti penyakit-penyakit akar, belang daun, tunas bengkak, penyakit sapu, busuk buah *monilia*, dan *vascular streak dieback* [2]. Penelitian kali ini berfokus untuk mengembangkan sebuah sistem berbasis klasifikasi citra untuk penyakit Busuk Buah (*Black pod*), Kepik Penghisap

Buah (*Helopeltis sp*), dan Penggerek Buah (*Pod Borer*), dan satu kelas yang akan mewakili kakao normal bebas penyakit. Klasifikasi berbasis citra pada makhluk hidup didasarkan pada ciri visual pada objek yang diklasifikasikan, seperti pada studi kesegaran ikan bandeng menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) [3] dimana perubahan visual yang terjadi seiring waktu seperti perubahan warna mata dan insang dapat diklasifikasikan, sehingga perubahan visual pada kulit buah kakao yang terinfeksi penyakit akan sangat efektif untuk dikenali perbedaan fitur visualnya secara otomatis menggunakan metode visi komputer.

Pengklasifikasian melibatkan pengelompokan organisme berdasarkan ciri-ciri khusus, CNN memungkinkan model mengekstraksi fitur penting seperti bentuk dan corak bulu melalui lapisan konvolusi, sebelum akhirnya memetakan ciri-ciri tersebut ke dalam kelas yang sesuai pada lapisan *fully connected* [4]. Temuan ini menunjukkan bahwa CNN merupakan pendekatan yang efektif dalam mendukung proses klasifikasi berdasarkan karakteristik visualnya. Penelitian ini bertujuan untuk membantu petani kakao dalam mengklasifikasikan 3 penyakit dan buah normal yang sudah disebutkan sebelumnya. Sistem diharapkan mampu menyelesaikan masalah klasifikasi penyakit yang dilakukan secara manual dimana klasifikasi kerap baru dapat dilakukan saat penyakit sudah mencapai stadium tertentu. *Supervised learning* berbasis CNN [5] mampu menangkap fitur visual kompleks dari organisme biologis dan memetakannya secara akurat ke dalam kelas target, menjadikannya sangat relevan untuk sistem klasifikasi berbasis citra.

Penelitian yang dilakukan oleh [6] menunjukkan bahwa penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu mengklasifikasikan penyakit pada tanaman padi hanya berdasarkan citra daun, dengan memanfaatkan *dataset* kecil dari *Kaggle* dan skenario *epoch* dimana secara konseptual dan teknis hampir sama dengan penelitian ini, menunjukkan potensi besar untuk digunakan pada deteksi penyakit secara visual di kalangan petani. CNN adalah salah satu pendekatan yang menjanjikan, karena kemampuannya dalam mengklasifikasikan dan mendeteksi objek dalam citra dengan akurasi yang tinggi menggunakan kemajuan teknologi komputasi, seperti penggunaan *deep learning* [7] dan pengolahan citra digital. Struktur CNN yang terdiri dari *feature learning layer* dan *fully-connected layer* berperan dalam mengekstraksi pola visual dari gambar mentah. Lapisan awal bertugas menangkap pola dasar seperti tepi dan tekstur, *feature learning layer* [8] bertugas menangkap pola penting dari citra mentah menggunakan filter dan *max pooling*, sedangkan *fully connected layer* memetakan hasil ekstraksi tersebut ke dalam label kerusakan spesifik. Hal ini memperkuat alasan pemanfaatan CNN dalam tugas deteksi visual berbasis citra, termasuk dalam penelitian ini yang menggunakan *transfer learning* dari arsitektur *NasNet-Mobile* untuk klasifikasi penyakit tanaman berbasis kerusakan pada permukaan citra. *Transfer Learning*

memperkuat efektivitas penggunaan CNN. Klasifikasi citra daun tanaman dengan menggunakan arsitektur *VGG19* [9] yang dilatih ulang melalui *transfer learning*, serta ditambahkan teknik *dropout* dapat mengurangi *overfitting* yang meningkatkan akurasi. Hal ini juga diterapkan dalam penelitian oleh [10], yang memanfaatkan *transfer learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* dan *EfficientNet-B0* untuk mengenali ekspresi wajah dalam rangka mendeteksi potensi perkelahian. Model *pretrained* yang digunakan ditransfer dari domain umum dan di-*fine-tune* untuk tugas klasifikasi ekspresi. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan fitur-fitur yang telah dipelajari sebelumnya secara lebih cepat dan efisien, terutama ketika *dataset* yang digunakan terbatas.

Arsitektur CNN yang digunakan pada penelitian ini ialah arsitektur *NASNet-Mobile*. Arsitektur CNN berbasis *transfer learning* sudah pernah diterapkan dalam penelitian pada penyakit buah kakao seperti pada penelitian yang dilakukan oleh [11], penelitian dilakukan menggunakan beberapa model sekaligus seperti *CenterNet ResNet50 V2*, *EfficientDet D0*, *SSD MobileNet V2*, dan *SSD ResNet50 V1 FPN* dan menggunakan aplikasi seluler untuk mengambil gambar buah kakao secara *realtime* sehingga dapat dijadikan referensi untuk melakukan penelitian dengan topik yang serupa namun menggunakan arsitektur CNN yang berbeda yaitu *NASNet-Mobile*. Pada penelitian [12] yang membahas penggunaan *dataset* kecil secara efektif dalam klasifikasi cacat permukaan baja menggunakan metode CNN *NASNet-Mobile* dan penggunaan *dataset* kecil, diketahui bahwa peneliti hanya menggunakan 300 gambar per kelas (total 1800 gambar untuk enam jenis cacat) dari *dataset* *Severstal*. Meskipun jumlah data jauh lebih kecil dibandingkan *dataset* lain, model yang digunakan mampu mencapai akurasi pelatihan yang baik menunjukkan bahwa pendekatan ini efisien dalam situasi dengan data terbatas. Hal ini menjadi solusi penting bagi peneliti yang tidak memiliki akses terhadap data besar.

Penelitian oleh [13] menunjukkan bahwa *NASNetMobile* merupakan salah satu arsitektur CNN yang sangat cocok untuk implementasi di lingkungan pertanian dengan keterbatasan komputasi. Dalam studi tersebut, *NASNetMobile* digunakan untuk klasifikasi penyakit daun tomat dengan memanfaatkan *framework TensorFlow* dan *Keras*, yang mendukung proses *transfer learning*, optimasi model, dan konversi ke format *deployment* seperti *TensorFlow Lite*. Arsitektur ini menunjukkan akurasi tinggi dengan ukuran model yang ringkas dan jumlah parameter yang rendah. Penelitian ini membuktikan bahwa arsitektur ringan seperti *NASNetMobile* dapat menjaga keseimbangan antara efisiensi dan akurasi, serta sangat ideal untuk diterapkan langsung di lapangan oleh petani melalui perangkat *Android* atau *edge computing* tanpa memerlukan sumber daya besar.

NASNet-Mobile sendiri telah terbukti efektif tidak hanya dalam klasifikasi penyakit tanaman, tetapi juga dalam pengenalan makhluk hidup non-tumbuhan seperti yang

ditunjukkan pada penelitian [14] dengan memanfaatkan bobot *pretrained* dari *ImageNet* (*transfer learning*), model mampu mencapai akurasi tinggi menggunakan optimizer *RMSprop*, menjadikannya yang tertinggi di antara lima *optimizer* yang diuji. Model CNN ini dilengkapi dengan proses *pre-processing* citra yang meliputi augmentasi dan *rescaling*, serta evaluasi berbasis *confusion matrix* dan *classification report*. Temuan ini menegaskan bahwa *NASNetMobile* bersifat fleksibel dan efisien untuk diaplikasikan dalam klasifikasi berbagai objek biologis, baik dalam ranah pertanian maupun peternakan. Akhir dari sistem akan di-*deploy* pada *android*. Proses *deployment* dilakukan di *Android* karena *Android* merupakan salah satu *platform* yang penggunaannya terus meningkat, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [15] yang menggunakan pelatihan pada *Google Collab* dan hasil klasifikasi di perangkat *Android*. Kombinasi *transfer learning* dan juga perangkat *android* dapat menunjang efisiensi.

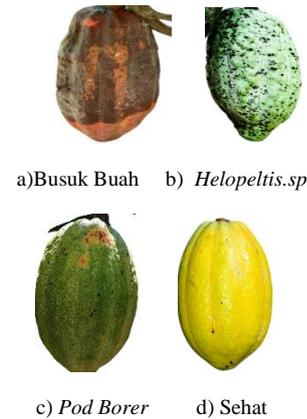
2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode pengumpulan data, instrumen penelitian, dan metode pengujian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui metode pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diambil melalui pengambilan citra-citra buah kakao secara langsung di perkebunan kakao, sedangkan data sekunder diambil melalui platform penyedia *dataset* seperti *Roboflow* dan juga *Kaggle*. *Dataset* yang diperoleh terdiri dari beberapa kategori citra, antara lain buah kakao sehat, serta yang mengalami gangguan penyakit seperti *Black Pod*, *Helopeltis sp*, dan *Pod Borer*. Instrumen penelitian yang digunakan berupa perangkat keras (*hardware*) seperti laptop dengan spesifikasi yang mendukung komputasi intensif. Perangkat lunak (*software*) berupa bahasa pemrograman *Python* yang dijalankan di *Google Colaboratory* (*Google Colab*), sebuah platform komputasi berbasis *cloud* yang memungkinkan pelatihan model machine learning secara efisien. Selain itu, digunakan pustaka pendukung seperti *TensorFlow/Keras*, *NumPy*, dan *Matplotlib* untuk proses pelatihan dan visualisasi data.

Tahapan pengujian, antara lain membagi *dataset* ke dalam data pelatihan, validasi, dan pengujian (*train*, *validation*, dan *test*) untuk menghindari *overfitting* dan mengevaluasi performa model secara objektif. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score* untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasikan gambar sesuai label penyakitnya. *Dataset* berjumlah 2.000 citra buah kakao, terbagi secara seimbang ke dalam empat kelas, masing-masing berisi 500 gambar. Kelas-kelas tersebut mencakup *Black Pod*, *Helopeltis sp*, *Pod Borer*, dan Normal. Dengan distribusi data yang merata, proses pelatihan model menjadi lebih optimal, memungkinkan CNN dengan metode *transfer learning* menggunakan *NASNet-Mobile* untuk mengenali pola penyakit secara lebih akurat. *Dataset* ini telah melalui

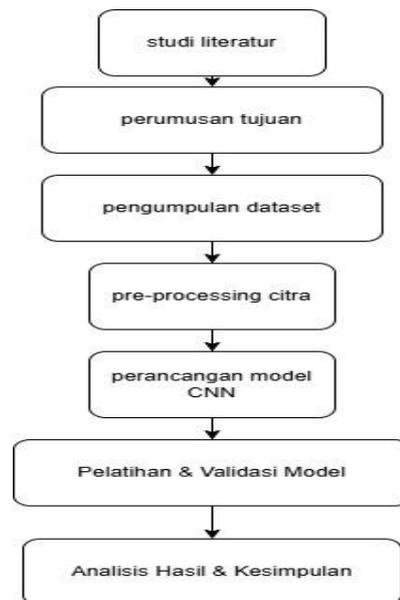
tahap *preprocessing* yaitu menghapus latar belakang untuk memastikan kualitas gambar yang baik sebelum digunakan dalam pelatihan model, sehingga meningkatkan efektivitas seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Citra yang *dipre-processing*

2.2 Tahapan penelitian

Setiap tahapan menghasilkan keluaran yang menjadi dasar untuk tahapan berikutnya. Tahap-tahap penelitian akan dilampirkan pada Gambar 2 sebagai rancangan tahapan penelitian

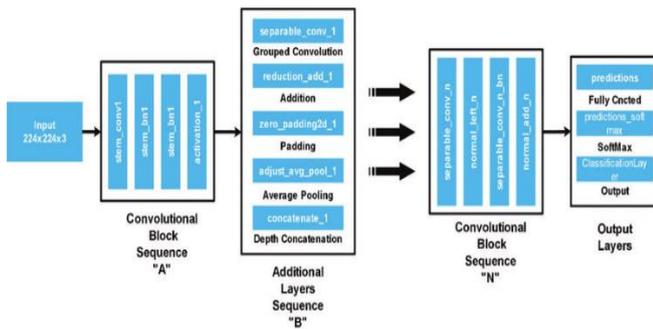


Gambar 2. Alur Penelitian

Beberapa tahapan ini diperlukan untuk membuat acuan sebagai solusi pemecahan masalah yang dapat terjadi. Tahapan metode penelitian memegang peran penting untuk memastikan keakuratan dan validitas hasil yang diperoleh. Penelitian dimulai dengan pengumpulan dan pengolahan *dataset* yang berisi citra buah kakao dengan berbagai kondisi, termasuk penyakit seperti *Black Pod*, *Helopeltis sp*, *Pod Borer* dan kakao Normal. Setelah itu, tahap *preprocessing* seperti augmentasi, normalisasi, dan teknik peningkatan kualitas gambar diterapkan untuk

meningkatkan performa model yaitu model yang sudah terintegrasi dengan *NASNet-Mobile*.

NASNet-Mobile adalah arsitektur CNN yang dikembangkan oleh Google dengan pendekatan *Neural Architecture Search (NAS)*, yaitu teknik otomatis untuk menemukan struktur jaringan terbaik. Arsitektur ini menggunakan *Normal Cell* dan *Reduction Cell*, yang memungkinkan pembelajaran fitur lebih optimal dengan efisiensi tinggi. Dalam penelitian ini, *NASNet-Mobile* digunakan sebagai *backbone* untuk ekstraksi fitur, dengan beberapa lapisan tambahan, termasuk *fully connected layer* dengan aktivasi sigmoid, guna mendukung klasifikasi multilabel pada citra buah kakao. Gambar 3 akan menampilkan arsitektur *NASNet-Mobile*.



Gambar 3. Arsitektur *NASNet-Mobile*

ReLU (Rectified Linear Unit) digunakan sebagai fungsi aktivasi dalam arsitektur model ini karena keunggulannya dalam mengatasi masalah *vanishing gradient* yang sering terjadi pada fungsi aktivasi seperti sigmoid atau tanh. *ReLU* bekerja dengan mengubah semua nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif secara linear, aktivasi *ReLU* dirumuskan dengan:

$$f(x) = \max(0, x)$$

Klasifikasi yang digunakan ialah klasifikasi *multi-label*, sehingga fungsi aktivasi yang digunakan ialah fungsi aktivasi sigmoid. Fungsi aktivasi sigmoid digunakan pada lapisan *output* karena model ini menerapkan klasifikasi multilabel, di mana satu gambar buah kakao dapat memiliki lebih dari satu jenis penyakit. Sigmoid mengubah *output* jaringan menjadi nilai probabilitas antara 0 dan 1, yang memungkinkan setiap kelas dievaluasi secara independen. Fungsi ini dirumuskan sebagai:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Keunggulan utama sigmoid dalam klasifikasi multilabel adalah kemampuannya menangani label yang tidak eksklusif, berbeda dengan *softmax* yang lebih cocok untuk klasifikasi *multiclass*. Dengan sigmoid, model dapat menentukan kemungkinan setiap penyakit pada gambar kakao tanpa membatasi prediksi hanya pada satu kelas. Dalam penelitian ini, pemilihan *hyperparameter* dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja model CNN berbasis *NASNet-Mobile* dalam klasifikasi penyakit pada buah

kakao. Beberapa *hyperparameter* utama yang digunakan akan diterangkan pada Tabel 1

Tabel 1. *Hyperparameter*

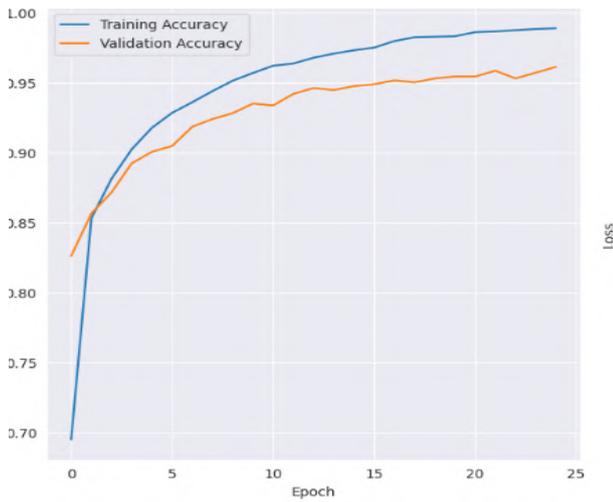
<i>hyperparameter</i>	<i>value</i>
Arsitektur	<i>NASNet-Mobile</i>
Ukuran Citra <i>Input</i>	224 x 224 x 3
<i>Batch</i>	64
Fungsi Aktivasi	ReLU, Sigmoid
<i>Learning Rate</i>	0.001 (<i>default Adam</i>)
<i>Loss Function</i>	<i>Binary Crossentropy</i>
<i>Epoch</i>	25
<i>Dropout</i>	0,2 (20%)

Pemilihan *hyperparameter* ini didasarkan pada eksperimen dan validasi model, dengan tujuan mendapatkan akurasi yang tinggi serta generalisasi yang baik terhadap data uji.

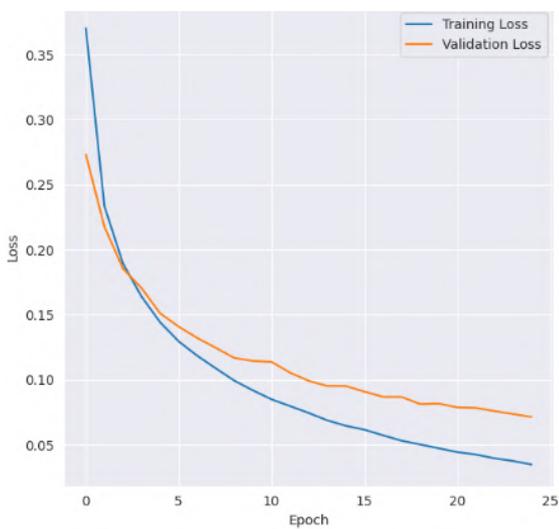
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi yang tinggi pada data uji, yang mengindikasikan bahwa pendekatan yang digunakan terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan membedakan jenis-jenis penyakit kakao secara tepat. Untuk memperkuat dan memperjelas hasil eksperimen yang telah dilakukan, disajikan beberapa grafik visualisasi yang merepresentasikan proses pelatihan dan evaluasi model. Grafik pertama menampilkan akurasi pelatihan dan validasi terhadap jumlah *epoch*, yang memberikan gambaran mengenai seberapa baik model mempelajari pola dari data latih dan seberapa mampu model tersebut melakukan generalisasi terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Sementara itu, grafik kedua menunjukkan *kurva loss*, yang menggambarkan tingkat kesalahan model dalam memprediksi label yang benar selama proses pelatihan berlangsung. Penurunan nilai *loss* yang konsisten dari waktu ke waktu menunjukkan bahwa model mengalami proses pembelajaran yang stabil dan bertahap menuju hasil yang optimal. Dengan demikian, proses perkembangan performa model dapat diamati secara lebih komprehensif, sekaligus memperkuat kesimpulan bahwa arsitektur yang digunakan memiliki kapabilitas yang kuat dalam klasifikasi citra penyakit buah kakao. Grafik akan ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Grafik akurasi pelatihan



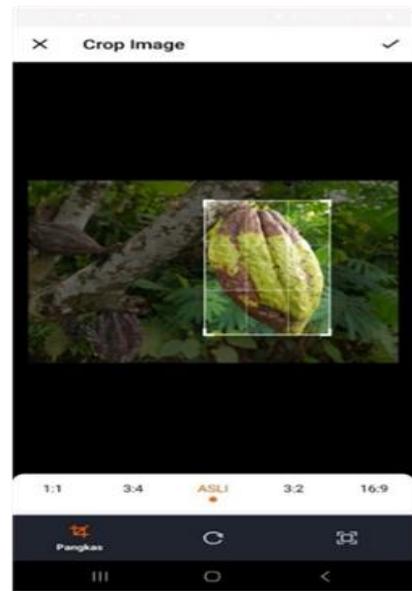
Gambar 5. Grafik Kurva Loss

Akurasi yang diperoleh pada saat pelatihan model dengan 25 epoch ialah akurasi sebesar 99% pada akurasi *training*, dan akurasi *validation* sebesar 96%. Pelatihan menggunakan *Google Collab*, bahasa pemrograman *Python* dan juga library *TensorFlow* yang dapat diakses secara publik. Akurasi pelatihan yang terus naik diiringi akurasi validasi yang juga terus naik menandakan model tidak mengalami *overfitting*, model *transfer learning* dengan algoritma *NASNet-Mobile* telah membantu sistem memahami pola dari setiap kelas pada *dataset*. Peneliti juga menggunakan *precision*, *Recall*, dan *F1-score* sebagai metrik evaluasi kinerja model pada *Google Collab* dimana menghasilkan nilai *precision* sebesar 94,9%, *Recall* sebesar 94,9% dan *F1-score* sebesar 94,9%. Nilai *precision*, *Recall*, dan *F1-score* masing-masing akan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Informasi Metrik Evaluasi pada *Google Collab*

Kelas	<i>precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-I Score</i>
Normal	95%	94%	94%
Blackpod	95%	92%	93%
<i>Helopeltis sp</i>	96%	96%	96%
PodBorer	94%	98%	96%

Model yang dilatih telah mampu menampilkan probabilitas penyakit yang telah didefinisikan sebelumnya yaitu *Black Pod*, *Helopeltis sp*, *Pod Borer*, dan probabilitas seberapa besar buah mendekati definisi buah normal dengan label Normal. Model telah berhasil diimplementasikan ke dalam perangkat *Android* pada Gambar 6 menampilkan desain *user interface*



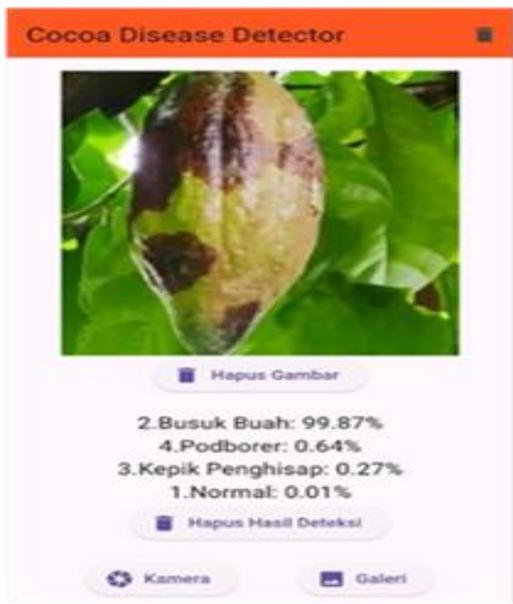
Gambar 6. Citra Pada *Android*

Citra kakao yang akan mengalami proses klasifikasi menggunakan sistem akan di-*input*-kan melalui menu *input* gambar atau langsung menggunakan kamera untuk memotret citra kakao yang ingin diidentifikasi. Citra yang diperoleh kemudian akan diproses oleh sistem untuk mengidentifikasi jenis penyakit yang mungkin menyerang buah tersebut secara otomatis dan cepat, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi diagnosis secara instan dan akurat. Hasil klasifikasi ini juga dapat dijadikan sebagai referensi awal bagi petani atau pengguna dalam mengambil tindakan penanganan yang sesuai terhadap penyakit yang terdeteksi. Gambar 7 akan ditampilkan hasil klasifikasi dari citra buah kakao yang sudah di-*input*-kan ke sistem.



Gambar 7. Hasil Klasifikasi Model Pada Android

Model menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas, probabilitas ini berkisar 0 sampai 1 lalu probabilitas akan ditampilkan dalam bentuk *presentase*, dimana semakin tinggi nilainya semakin yakin model bahwa gambar tersebut termasuk dalam kelas tertentu. Gambar 8 menunjukkan hasil klasifikasi citra setelah dilakukan *crop (focus)*, sedangkan Gambar 9 menunjukkan hasil klasifikasi tanpa dilakukan *crop*.



Gambar 8. Citra yang difokuskan (*cropping*)



Gambar 9. Citra yang tidak difokuskan

Model kesulitan mengklasifikasikan penyakit dengan benar karena jarak yang terlalu jauh, dan citra tidak berfokus pada buah kakao, sehingga model salah mengklasifikasikan *Blackpod* sebagai *Pod Borer*. Selanjutnya adalah pengujian, pengujian pada data test adalah langkah penting dalam proses evaluasi sistem, dengan melakukan pengujian data test, peneliti dapat mengetahui apakah model mengenali pola yang telah dipelajari selama proses pelatihan saat model sudah terintegrasi ke dalam perangkat *Android*. Berikut ditampilkan informasi hasil klasifikasi pada data uji yang pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Pada Data Uji di Lapangan

<i>citra</i>	<i>prediksi</i>	<i>Label benar</i>	<i>status</i>
Citra 1	Busuk Buah: 99%	BusukBuah	Benar
Citra 2	<i>Helopeltis</i> : 96%	<i>Helopeltis</i>	Benar
Citra 3	Busuk Buah: 91%	Busuk Buah	Benar
Citra 4	<i>Pod Borer</i> : 56%	<i>Pod Borer</i>	Benar
Citra 5	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 6	PodBorer: 91%	Busuk Buah	Salah
Citra 7	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 8	PodBorer: 67%	<i>Pod Borer</i>	Benar
Citra 9	<i>Helopeltis</i> : 86%	Busuk Buah	Salah
Citra 10	Busuk Buah: 97%	Busuk Buah	Benar
Citra 11	Busuk Buah: 88%	Busuk Buah	Benar
Citra 12	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 13	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar

<i>citra</i>	<i>prediksi</i>	<i>Label benar</i>	<i>status</i>
Citra 14	<i>Helopeltis</i> : 84%	<i>Helopeltis</i>	Benar
Citra 15	<i>Helopeltis</i> : 99%	<i>Helopeltis</i>	Benar
Citra 16	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 17	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 18	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 19	Busuk Buah: 99%	Busuk Buah	Benar
Citra 20	Busuk Buah: 88%	Busuk Buah	Benar
Citra 21	<i>Helopeltis</i> : 91%	<i>Helopeltis</i>	Benar
Citra 22	<i>Pod Borer</i> : 94%	<i>Pod Borer</i>	Benar
Citra 23	<i>Pod Borer</i> : 75%	<i>Pod Borer</i>	Benar
Citra 24	Busuk Buah: 71%	Busuk Buah	Benar
Citra 25	Normal: 99%	Normal	Benar
Citra 26	Normal: 94%	Normal	Benar
Citra 27	Normal: 99%	Normal	Benar
Citra 28	Normal: 96%	Normal	Benar
Citra 29	<i>Helopeltis</i> : 97%	<i>Helopeltis</i>	Benar
Citra 30	<i>Helopeltis</i> : 99%	<i>Helopeltis</i>	Benar

Data-data yang digunakan sebagai data uji merupakan citra kakao yang diambil langsung oleh peneliti, dengan demikian data-data tersebut bersifat data primer. Citra yang akan dijadikan data *test* tidak pernah digunakan oleh peneliti selama proses pelatihan baik sebagai data *training* maupun *validation*. Persentase terbesar mewakili seberapa besar keyakinan model bahwa citra terklasifikasi penyakit tertentu. Hasil pengujian model yang terintegrasi ke dalam perangkat *Android* yang dilampirkan pada Tabel 3 sudah mencakup Label Sebenarnya (Label Benar), Hasil Klasifikasi (Prediksi), Status Prediksi (Status) apakah benar atau salah, dan citra kakao yang ingin diklasifikasikan itu sendiri. Hasil pengujian akan digunakan untuk menghitung akurasi sebagai bahan evaluasi model yang terintegrasi ke perangkat *Android*, perhitungan akurasi menggunakan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Klasifikasi Benar}}{\text{Total Data Uji}} \times 100\%$$

Sesuai formula di atas maka akurasi model yang digunakan pada uji coba perangkat *Android* sebagai media untuk melakukan proses klasifikasi akan dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{28 \text{ (data diklasifikasikan benar)}}{30 \text{ (total data uji)}} \times 100\% \\ &= 93,33\% \end{aligned}$$

metrik lain juga digunakan sebagai alat evaluasi yaitu metrik *Recall*, metrik *Recall* dipilih karena metrik *Recall* mengukur seberapa banyak label yang sebenarnya positif berhasil dideteksi oleh model (*True Positif* dibandingkan

dengan *True Positif* dan *False Negatif*). Metrik ini dipilih agar memastikan bahwa model mampu membaca penyakit yang ada sebaik mungkin, jika menggunakan metrik *Presisi*, dimana dihitung juga berapa label yang terklasifikasi *False Positif*, ini akan menjadikan nilai *Presisi* menjadi rendah karena banyak label akan terklasifikasi sebagai *False positif* walaupun akurasi sangat-sangat kecil contohnya nilai 0,01%.

$$\text{Recall} = \frac{\text{Jumlah TP}}{\text{Jumlah TP} + \text{Jumlah FN}} \times 100\%$$

$$\text{Recall} = \frac{68 \text{ (dari 120 label yang ada pada 30 citra)}}{68+1} \times 100\%$$

$$\text{Recall} = 98,5\%$$

sedangkan akurasi *Presisi* didapat dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Presisi} = \frac{\text{Jumlah TP}}{\text{Jumlah TP} + \text{Jumlah FP}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Presisi} &= \frac{68 \text{ (dari 120 label yang ada pada 30 citra)}}{68+51} \times 100\% \\ \text{Presisi} &= 57,1\% \end{aligned}$$

F1-score adalah rata-rata harmonik dari *Presisi* dan *Recall*, yang digunakan untuk menyeimbangkan keduanya.

$$F1 - \text{Score} = 2x \frac{\text{Presisi} \times \text{Recall}}{\text{Presisi} + \text{Recall}} \times 100\%$$

$$F1 - \text{Score} = 2x \frac{0.571 \times 0.985}{0.571 + 0.985} \times 100\%$$

$$F1 - \text{Score} = 71,6\%$$

Dengan demikian akurasi model dalam memprediksi penyakit sebuah citra kakao yang di-input-kan menggunakan perangkat *Android* memiliki nilai sebesar 93,33%, lalu dalam kalkulasi menggunakan metrik *Recall*, didapat nilai akurasi sebesar 98,5%, *Presisi* sebesar 57,1%, dan *F1-score* sebesar 71,6%. Hal ini menunjukkan model mampu membaca penyakit dengan baik dengan sedikit citra dimana model tidak mampu mendeteksi keberadaan penyakit. *Presisi* yang lebih rendah (57.1%) menunjukkan bahwa model menghasilkan cukup banyak *False Positives* dibandingkan dengan jumlah *True Positif*. Artinya, model sering salah mengidentifikasi label positif. *F1-score* (71.6%) mencerminkan keseimbangan antara *Presisi* dan *Recall*. Dalam kasus ini, meskipun *Recall* tinggi, *Presisi* yang lebih rendah menurunkan nilai *F1-Score*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai deteksi penyakit pada buah kakao menggunakan model CNN dengan arsitektur *NASNet-Mobile* yang telah diimplementasikan ke dalam aplikasi *Android*, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu akurasi pelatihan 99,11% menunjukkan bahwa model dapat mengenali pola pada data pelatihan dengan sangat baik, akurasi validasi 96,14% mengindikasikan model memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data yang tidak dilihat selama proses pelatihan, akurasi pada data

uji model 94,88% memperlihatkan bahwa model tetap memiliki performa tinggi pada data baru, meskipun sedikit menurun dibandingkan akurasi validasi. Penurunan ini dapat disebabkan oleh distribusi data uji yang berbeda dari data pelatihan. Metrik lain seperti *Recall* menghasilkan nilai 94,9%, *Presisi* 94,9% dan *F1-score* 94,9%. Akurasi pada 30 Data Uji menggunakan Aplikasi *Android* 93,33% dan metrik *Recall* sebesar 98,5% menunjukkan bahwa implementasi model ke dalam aplikasi *Android* cukup baik, meskipun ada sedikit penurunan yang mungkin disebabkan oleh kualitas gambar masukan sehingga banyak label terklasifikasi *false positif* dengan walaupun dengan nilai akurasi yang cukup kecil. Metrik lain seperti *Presisi* menghasilkan nilai 57,1% dan *F1-score* 71,6%.

Algoritma *NASNet-Mobile* dapat membantu model CNN dalam proses pemahaman pola citra pada setiap kelas dengan baik. Secara keseluruhan, model memiliki performa yang baik dan stabil dalam mendeteksi penyakit pada buah kakao, baik di lingkungan pengujian model maupun implementasi pada aplikasi *android* sehingga dapat menjawab permasalahan yang peneliti angkat yaitu bagaimana menciptakan sebuah sistem berbasis aplikasi *android* yang dapat mengklasifikasikan penyakit pada buah kakao yaitu dengan menggunakan CNN dan metode *transfer learning* algoritma *NASNet-Mobile*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Gozali and H. Sultan, "ANALISIS PEMASARAN KAKAO DI DESA KAYUBOKO KECAMATAN PARIGI BARAT KABUPATEN PARIGI MOUTONG Marketing Analysis Of Cocoa Kayuboko Village Parigi Barat Sub district Parigi Moutong Regency," *J. Agrotekbis*, vol. 11, no. 4, pp. 856–865, 2023.
- [2] Anderson Matitaputty, Handry R.D. Amanupunyo, and Wilhelmina Rumahlewang, "KERUSAKAN TANAMAN KAKAO (*Theobroma cacao* L.) AKIBAT PENYAKIT PENTING DI KECAMATAN TANIWEL KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT," 2014, 2AD.
- [3] M. M. I. Al-Ghiffary, C. A. Sari, E. H. Rachmawanto, N. M. Yacoob, N. R. D. Cahyo, and R. R. Ali, "Milkfish Freshness Classification Using Convolutional Neural Networks Based on Resnet50 Architecture," *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*, vol. 5, no. 3, p. 0230304, Oct. 2023, doi: 10.26877/asset.v5i3.17017.
- [4] W. Bismi and M. Qomaruddin, "Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak Klasifikasi Citra Genus *Panthera* Menggunakan Pendekatan Deep learning Berbasis Convolutional Neural Network (CNN)," vol. 5, no. 2, pp. 172–179, 2023.
- [5] U. Sri Rahmadhani and N. Lysbetti Marpaung, "Klasifikasi Jamur Berdasarkan Genus Dengan Menggunakan Metode CNN," vol. 8, no. 2, 2023.
- [6] Muhammad Rijal, Yani Andi Muhammad, and Rahman Abdul, "DETEKSI CITRA DAUN UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADI MENGGUNAKAN PENDEKATAN DEEP LEARNING DENGAN MODEL CNN," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, pp. 56–62, 2024.
- [7] L. Trihardianingsih, A. Sunyoto, and T. Hidayat, "Classification of Tea Leaf Diseases Based on ResNet-50 and Inception V3," *Sinkron*, vol. 8, no. 3, pp. 1564–1573, Jul. 2023, doi: 10.33395/sinkron.v8i3.12604.
- [8] I. K. Trisiawan and Y. Yuliza, "Penerapan Multi-Label Image Classification Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Sortir Botol Minuman," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 1, p. 48, Feb. 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i1.009.
- [9] Pratama M. Duta, Gustriansyah Rendra, and Purnamasari Evi, "KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN PISANG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, pp. 1–6, 2024.
- [10] N. M. K. K. Handayani, E. Y. Hidayat, M. Naufal, and P. L. W. E. Putra, "Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Transfer Learning MobileNetV2 dan EfficientNet-B0 dalam Memprediksi Perkelahian," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 8, no. 1, p. 106, Jan. 2024, doi: 10.30865/mib.v8i1.7048.
- [11] S. Kumi, D. Kelly, J. Woodstuff, R. K. Lomotey, R. Orji, and R. Deters, "Cocoa Companion: Deep Learning-Based Smartphone Application for Cocoa Disease Detection," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 87–94. doi: 10.1016/j.procs.2022.07.013.
- [12] A. Khebli, Y. Kateb, H. Meglouli, S. Aguib, M. Salah, and K. Touhami, "Classifying Surface Fault in Steel Strips Using a Customized NasNet-Mobile CNN and Small Dataset," 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/378876350>
- [13] A. Ghodekar and A. Kumar, "LightLeafNet: Lightweight and Efficient NASNetMobile Architecture for Tomato Leaf Disease Classification," 2023. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4570347>

- [14] D. D. Nur Cahyo, M. Anwar Fauzi, J. Tri Nugroho, and K. Kusriani, "Analisis Perbandingan Optimizer pada Arsitektur NASNetMobile Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Ras Kucing," *J Teknol*, vol. 15, no. 2, pp. 171–177, Jan. 2023, doi: 10.34151/jurtek.v15i2.4025.
- [15] R. Setiyo Budiawan and B. Hartono, "Pengembangan Sistem Pendeteksi Jenis Sayuran dengan Metode CNN Berbasis *Android*," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 5, no. 1, pp. 62–72, 2023.



KOMPARASI ALGORITMA *MACHINE LEARNING* DALAM MEMREDIKSI KAPASITAS PRODUKSI POTENSIAL AIR BERSIH DI INDONESIA

Tatang Rohana¹, Hilda Yulia Novita², Euis Nurlaelasari³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Karawang, Jawa Barat, Indonesia 41361
tatang.rohana@ubpkarawang.ac.id, hilda.yulia@ubpkarawang.ac.id, euis.nurlaelasari@ubpkarawang.ac.id

Abstract

Clean water availability is a key indicator of sustainable development, particularly in developing countries like Indonesia. Factors such as population growth, climate change, and urbanization contribute to fluctuations in clean water supply. This study aims to estimate the potential for clean water production in Indonesia using various machine learning algorithms, such as Linear Regression, Decision Tree, Random Forest, Multilayer Perceptron, XGBoost (Extreme Gradient Boosting), and Neural Network. Each algorithm was evaluated based on Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE), R-squared (R^2), and prediction accuracy. The results show that Linear Regression achieved the lowest MSE ($9.31E-18$), nearly zero, indicating extremely accurate predictions. Neural Network and Multilayer Perceptron also performed well, with MSE values of 0.00010898 and 0.00018004, respectively. Moreover, Linear Regression and Neural Network achieved R^2 scores of 1 and 0.9905, suggesting they can explain nearly all variability in the target data. These findings highlight the effectiveness of Linear Regression, Neural Network, and Multilayer Perceptron in modeling clean water production capacity. Therefore, these algorithms are recommended as the most reliable approaches for supporting data-driven decisions in clean water resource planning and management in Indonesia.

Keywords: *Decision Tree, Linear Regression, Machine Learning, Prediction, Random Forest*

Abstrak

Ketersediaan air bersih merupakan indikator penting dalam pembangunan berkelanjutan, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, dan urbanisasi menyebabkan fluktuasi dalam ketersediaan air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan potensi produksi air bersih di Indonesia menggunakan algoritma pembelajaran mesin, seperti Regresi Linier, *Decision Tree*, *Random Forest*, *Multilayer Perceptron*, *XGBoost (Extreme Gradient Boosting)*, dan *Neural Network*. Setiap algoritma dievaluasi dan dibandingkan berdasarkan *Mean Squared Error (MSE)*, koefisien determinasi (R^2), *Mean Absolute Error (MAE)*, dan tingkat akurasi prediksi. Berdasarkan hasil evaluasi kinerja dari masing-masing algoritma, maka terlihat Regresi Linier memiliki nilai MSE yang sangat rendah ($9.31E-18$), hampir mendekati nol, yang menunjukkan bahwa model ini sangat tepat dalam memprediksi target pada dataset ini. *Neural Network* dan *Multilayer Perceptron* juga memiliki MSE yang sangat rendah, yaitu 0.00010898 dan 0.0001800368, yang menunjukkan performa model yang sangat baik dengan *error* yang sangat kecil. Regresi Linier dan *Neural Network* mencapai nilai $R^2 = 1$ dan 0.9905, yang berarti model ini dapat menjelaskan hampir 100% variasi dari data target, menunjukkan prediksi yang sangat akurat. Secara keseluruhan, Regresi Linier, *Neural Network*, dan *Multilayer Perceptron* dapat direkomendasikan sebagai algoritma yang paling efektif untuk prediksi kapasitas produksi air bersih di Indonesia.

Kata kunci : *Decision Tree, Machine Learning, Prediksi, Random Forest, Regresi Linier*

1. PENDAHULUAN

Di semua negara, ketersediaan air bersih merupakan suatu keharusan yang harus dipenuhi untuk memenuhi kebutuhan air bagi warga negaranya, tak terkecuali Indonesia. Dengan populasi yang terus bertambah dan urbanisasi yang semakin pesat, kebutuhan akan air bersih meningkat signifikan setiap tahunnya. Namun, berbagai faktor seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan keterbatasan infrastruktur sering

kali menghambat kapasitas produksi dan distribusi air bersih [1]. Untuk pengelolaan air bersih secara berkelanjutan diperlukan suatu cara atau strategi yang efektif dan berbasis data dalam pengelolaan ketersediaan air bersih tersebut. Meskipun air menutupi sekitar 70% dari permukaan bumi dengan total sekitar 1,4 miliar kilometer kubik, sayangnya hanya sekitar 0,003% dari jumlah tersebut yang dapat dimanfaatkan dengan baik. Sebagian besar air, yaitu sekitar

97%, berada di samudra atau laut dengan kadar garam yang terlalu tinggi untuk sebagian besar kebutuhan. Dari sisa 3% air tawar, hampir seluruhnya, kurang lebih 87%, terdapat pada lapisan es di kutub atau jauh di bawah permukaan tanah.

Teknologi *Mechine Learning* (ML telah berkembang menjadi alat yang potensial dalam berbagai sektor, termasuk manajemen sumber daya air. Algoritma ML dapat digunakan untuk memprediksi berbagai variabel seperti dalam penelitian [2] [3] [4] [5] [6] [7] dalam berbagai topik penelitian, termasuk prediksi kapasitas produksi air bersih di masa depan. Prediksi yang akurat tentang kapasitas produksi air bersih sangat penting untuk mendukung perencanaan, pengambilan keputusan, serta pengelolaan infrastruktur air agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat [1]. Namun, salah satu tantangan utama dalam penerapan ML pada prediksi kapasitas air bersih adalah pemilihan algoritma yang paling tepat [8]. Berbagai algoritma ML memiliki kinerja yang bervariasi tergantung pada karakteristik dataset dan permasalahan yang ada. Karenanya dibutuhkan suatu terobosan proses komparasi untuk mengidentifikasi algoritma yang paling efektif dan akurat dalam memprediksi kapasitas produksi air bersih di Indonesia.

Berdasarkan statistik air bersih tahun 2023 oleh Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan air bersih semakin meningkat sehingga perlu ada kajian atau studi tentang persediaan air bersih dalam bentuk klasifikasi maupun prediksi ketersediaan air bersih. Penelitian–penelitian yang sudah dilakukan tentang ketersediaan air di antaranya, [1] Melakukan penelitian tentang analisis kebutuhan dan ketersediaan air bersih di kota Bandung. Pada kajian ini ditunjukkan bahwa pada tahun 2029, Kecamatan Kiaracandong akan membutuhkan sekitar 21,276 liter air bersih per detik. Penelitian lainnya [2] menghasilkan akurasi dalam menentukan apakah kualitas air layak dikonsumsi atau tidak. Tingkat akurasi yang diperoleh untuk masing-masing metode adalah 60,19% dengan metode *Decision Tree*, 62,80% dengan metode *Logistic Regression*, 68,59% dengan metode *Support Vector Machine* (SVM), dan 69,54% dengan metode ANN. Prediksi tentang kebutuhan pemakaian air [5], objek penelitian ini adalah pemakaian atau kebutuhan air di PDAM kota Malang. Hasilnya akurasi prediksi pemakaian ini cukup baik. Penelitian tentang prediksi kualitas air Ciliwung [9] menghasilkan akurasi metode SVM di atas 89%. Penelitian lain yang sudah dilakukan tentang prediksi di antaranya [3] [10] [11] [12] [13] .

Beberapa algoritma *ML* seperti *Decision Tree*, *Random Forest*, *SVM*, *Neural Network*, *XGBoost*, *Gradient Boosting*, dan *Multilayer Perceptron* sudah digunakan pada penelitian [14] [15] [7] [16]. Pada penelitian ini, model algoritma yang akan dibandingkan terdiri dari 6 algoritma. Harapannya, penelitian ini bisa memberikan kontribusi

signifikan terhadap perencanaan sumber daya air yang lebih baik dan berkelanjutan di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

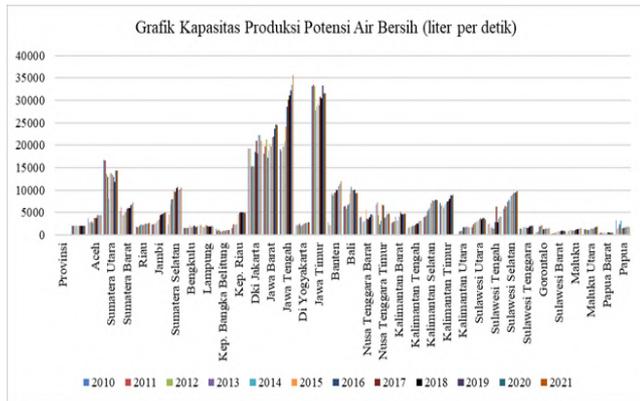
Kapasitas produksi potensial air bersih yang dihasilkan oleh perusahaan air bersih di seluruh Indonesia dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 pada tabel 1 merupakan objek pada penelitian ini.

Tabel 1. Jumlah produksi Perusahaan Air Bersih Menurut Provinsi (liter per detik)

No	Provinsi	Data Kapasitas Produksi Air Bersih				
		2010	2011	.....	2020	2021
1	Aceh	3750	2803		4441	4394
2	Sumatera Utara	16700	16610		14336	14270
3	Sumatera Barat	5269	6060		6960	7171
4	Riau	1903	1672		2512	2583
5	Jambi	2307	2409		4855	4999
6	Sumatera Selatan	2303	4484		10193	10513
7	Bengkulu	1520	1535		1779	1899
8	Lampung	2125	2146		2043	1892
9	Kep. Bangka Belitung	1350	895		1118	1118
10	Kep. Riau	1558	2316		5042	4847
11	DKI Jakarta	19300	19300		22260	20967
12	Jawa Barat	18198	19720		24570	24428
13	Jawa Tengah	19053	18614		33405	35605
14	Di Yogyakarta	2235	2117		2840	2793
15	Jawa Timur	33215	33416		31543	31495
16	Banten	2852	2249		11376	11954
17	Bali	6311	6474		9343	9254
18	Nusa Tenggara Barat	3899	4086		4607	4453
19	Nusa Tenggara Timur	6744	7258		4648	4711
20	Kalimantan Barat	2684	2973		4685	4736
21	Kalimantan Tengah	1568	1634		3131	3075
22	Kalimantan Selatan	3868	4144		7938	7750
23	Kalimantan Timur	7112	6440		8786	8951
24	Kalimantan Utara	0	0		1655	1655
25	Sulawesi Utara	1655	2296		3824	3373
26	Sulawesi Tengah	2401	2500		4063	4000
27	Sulawesi Selatan	5839	6494		9503	9769
28	Sulawesi Tenggara	1398	1435		1981	2067
29	Gorontalo	675	666		1405	1483
30	Sulawesi Barat	328	348		959	811
31	Maluku	784	880		1399	1540
32	Maluku Utara	1211	1226		1745	1808
33	Papua Barat	417	510		506	511

No	Provinsi	Data Kapasitas Produksi Air Bersih				
		2010	2011	.....	2020	2021
34	Papua	3222	1355		1878	1660

Data kapasitas potensi air bersih yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari hasil produksi air bersih dari setiap provinsi di seluruh Indonesia dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Kapasitas Produksi Potensi Air Bersih (liter per detik)

2.2 Pengumpulan Data

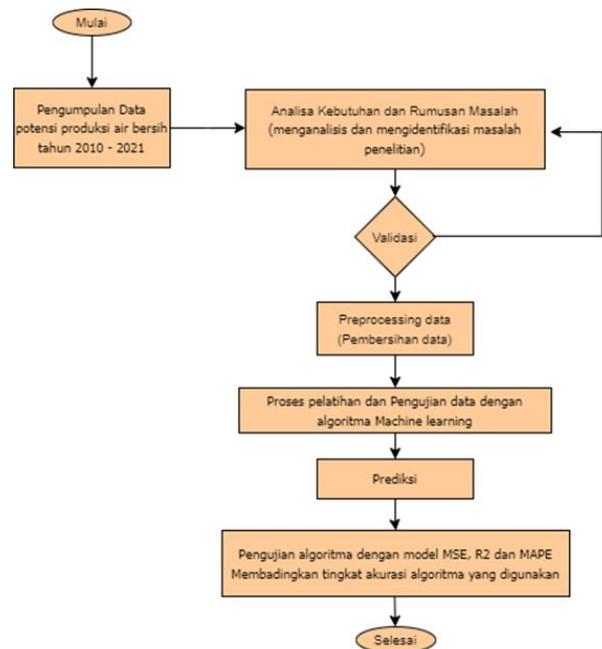
Data adalah unit informasi yang tercatat pada media tertentu, memiliki ciri khas yang membedakannya dari data lain, serta dapat dianalisis dan relevan untuk tujuan tertentu. Pengumpulan data dilakukan melalui prosedur yang sistematis dan terstandarisasi untuk memperoleh data yang diperlukan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan dua metode pengumpulan data, yaitu observasi dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan meninjau data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia.

2.3 Analisis Data

Teknik analisis data yang diterapkan melibatkan pembagian data menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan berfungsi untuk melatih model, sementara data pengujian digunakan untuk mengevaluasi kinerja model. Kesimpulan dari hasil pengujian model kemudian akan diverifikasi melalui diagnosis pada data pengujian. Analisis data pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa akurat model ML (ML) dalam memprediksi kapasitas produksi potensial air bersih yang dihasilkan oleh perusahaan air bersih di seluruh Indonesia. Proses pengukuran kinerja algoritma dilakukan dengan menggunakan uji nilai hasil *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *R-squared* (R^2).

2.4 Tahapan Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini maka gambar di bawah ini merupakan tahapan yang menjelaskan proses penelitian.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Gambar 2 merupakan tahapan–tahapan dalam penelitian ini, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data dan Menentukan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara berkala selama sekitar 9 bulan, mulai dari Juni 2024 hingga Desember 2024. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data mengenai potensi produksi air bersih di seluruh Indonesia dari tahun 2010 hingga 2021.

2. Analisa Kebutuhan Data Penelitian

Untuk memperkuat referensi dalam penelitian ini, juga digunakan data berupa materi pendukung atau jurnal yang dapat membantu dalam proses penelitian. Beberapa jurnal diambil dari koleksi jurnal resmi yang tersedia di situs resmi yang dapat diakses di internet.

3. Merumuskan Masalah Penelitian

Dalam penelitian ini, dirumuskan masalah yang berkaitan dengan data kelulusan mahasiswa tepat waktu meliputi:

- Bagaimana menerapkan algoritma ML untuk memprediksi kapasitas potensi produksi air bersih di Indonesia.
- Bagaimana tingkat akurasi dan sebaran data yang terbentuk pada ML dari hasil uji data yang dilakukan.
- Bagaimana cara menganalisis hasil data uji dan *training* dari algoritma ML.

4. Validasi Data Penelitian

Validasi data merupakan langkah penting dalam penelitian ini, karena bertujuan untuk memastikan

bahwa data yang digunakan memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, serta dapat dipertanggungjawabkan sumber dan kebenarannya.

5. *Pre-Processing*

Pada tahap ini, data penelitian terlebih dahulu dinormalisasi untuk menghindari ketidakakuratan dan inkonsistensi. Setelah itu, dilakukan proses transformasi data ke dalam bentuk *Min-Max*.

6. Proses Pelatihan dan Pengujian Data

Untuk dapat menghasilkan sistem yang dapat memprediksi kapasitas potensi produksi air bersih, maka dilakukan proses pelatihan dan pengujian menggunakan algoritma ML yang digunakan.

7. Proses Prediksi

Langkah selanjutnya adalah proses prediksi, hal ini dilakukan untuk memprediksi kapasitas potensi produksi air bersih di Indonesia untuk masa yang akan datang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Pre-processing Data*

Awal pemrosesan yang dilakukan pada penelitian ini, dengan cara melakukan pra-pengolahan data terhadap data potensi produksi air bersih di seluruh Indonesia tahun 2010 sampai tahun 2021. Terkadang, data tersebut mengandung berbagai masalah yang dapat mempengaruhi hasil dari proses tersebut, seperti *missing value*, data redundan, *outliers*, atau format data yang tidak sesuai dengan sistem. Proses pra-pemrosesan data ini mencakup hal-hal berikut :

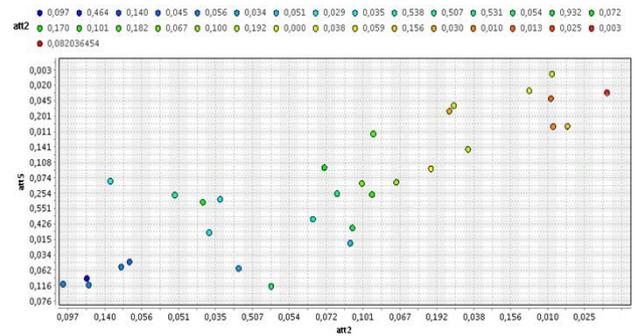
1. Pembersihan data (*Data cleaning*)

Pembersihan data pada gambar 3 dilakukan untuk menghapus data yang tidak efisien dan mengandung kesalahan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Rapidminer.

Role	Name	Type	Statistics	Range	Missing
regular	pr1	polynomial	mode = Aceh (2), least = Sumal Aceh (2), Sumatera Utara (1), S...		
regular	pr2	polynomial	mode = 0,058 (2), least = 0,097 0,097 (1), 0,464 (1), 0,140 (1), 0		
regular	pr3	polynomial	mode = 0,056 (2), least = 0,070 0,070 (1), 0,442 (1), 0,162 (1), 0		
regular	pr4	polynomial	mode = 0,065 (2), least = 0,376 0,065 (2), 0,376 (1), 0,117 (1), 0		
regular	pr5	polynomial	mode = 0,042 (2), least = 0,076 0,076 (1), 0,358 (1), 0,116 (1), 0		
regular	pr6	polynomial	mode = 0,038 (4), least = 0,067 0,067 (1), 0,216 (2), 0,131 (1), 0		
regular	pr7	polynomial	mode = 0,048 (2), least = 0,098 0,098 (1), 0,380 (1), 0,139 (1), 0		
regular	pr8	polynomial	mode = 0,090 (2), least = 0,097 0,097 (1), 0,382 (1), 0,154 (1), 0		
regular	pr9	polynomial	mode = 0,090 (2), least = 0,098 0,098 (1), 0,372 (1), 0,159 (1), 0		
regular	pr10	polynomial	mode = 0,270 (2), least = 0,116 0,116 (1), 0,356 (1), 0,161 (1), 0		
regular	pr11	polynomial	mode = 0,041 (2), least = 0,116 0,116 (1), 0,325 (1), 0,179 (1), 0		
regular	pr12	polynomial	mode = 0,117 (2), least = 0,397 0,117 (2), 0,397 (1), 0,188 (1), 0		
regular	pr13	polynomial	mode = 0,115 (2), least = 0,395 0,115 (2), 0,395 (1), 0,194 (1), 0		

Gambar 3. Proses Pembersihan Data Produksi Air Bersih

Berdasarkan hasil pembersihan data, menunjukkan tidak ditemukan adanya kesalahan atau *missing* pada data yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. Plot Data Produksi Air Bersih Tahun 2010

Gambar 4 menunjukkan sebaran data potensi produksi air bersih di semua provinsi yang ada di Indonesia tahun 2010.

2. Normalisasi data ke bentuk Min-Max

Sebelum data dimasukkan ke dalam jaringan, data terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam bentuk data interval (normalisasi). Data tersebut dinormalisasi sehingga berada dalam rentang [0,1]. Tujuan dari normalisasi adalah untuk menyamakan skala nilai setiap data, sehingga setiap data memiliki kontribusi yang proporsional dalam setiap proses. Data hasil konversi *Min-Max* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Konversi Min-Max

Provinsi	Tahun				
	2010	2011	.....	2020	2021
Aceh	0,097	0,07		0,117	0,115
Sumatera Utara	0,464	0,462		0,397	0,395
Sumatera Barat	0,14	0,162		0,188	0,194
Riau	0,045	0,038		0,062	0,064
Jambi	0,056	0,059		0,128	0,132
Sumatera Selatan	0,056	0,118		0,28	0,289
Bengkulu	0,034	0,034		0,041	0,045
Lampung	0,051	0,052		0,049	0,044
Kep. Bangka Belitung	0,029	0,016		0,022	0,022
Kep. Riau	0,035	0,056		0,134	0,128
Dki Jakarta	0,538	0,538		0,622	0,585
Jawa Barat	0,507	0,55		0,687	0,683
Jawa Tengah	0,531	0,518		0,938	1
Di Yogyakarta	0,054	0,051		0,071	0,07
Jawa Timur	0,932	0,938		0,885	0,883
Banten	0,072	0,054		0,313	0,33
Bali	0,17	0,174		0,256	0,253
Nusa Tenggara Barat	0,101	0,107		0,121	0,117
Nusa Tenggara Timur	0,182	0,196		0,122	0,124
Kalimantan Barat	0,067	0,075		0,124	0,125
Kalimantan Tengah	0,035	0,037		0,079	0,078
Kalimantan Selatan	0,1	0,108		0,216	0,21

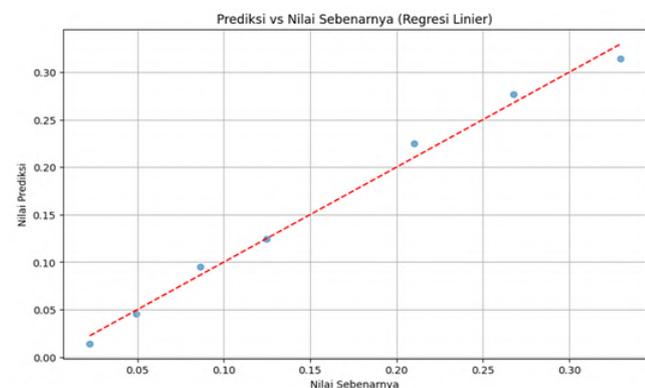
Provinsi	Tahun				
	2010	2011	.....	2020	2021
Kalimantan Timur	0,192	0,173		0,24	0,244
Kalimantan Utara	0	0		0,038	0,038
Sulawesi Utara	0,038	0,056		0,099	0,086
Sulawesi Tengah	0,059	0,062		0,106	0,104
Sulawesi Selatan	0,156	0,175		0,26	0,268
Sulawesi Tenggara	0,03	0,031		0,047	0,049
Gorontalo	0,01	0,01		0,031	0,033
Sulawesi Barat	0	0,001		0,018	0,014
Maluku	0,013	0,016		0,03	0,034
Maluku Utara	0,025	0,025		0,04	0,042
Papua Barat	0,003	0,005		0,005	0,005
Papua	0,082	0,029	0,03	0,044	0,038

3.2. Pelatihan Dan Pengujian Data

Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih (*Training set*) periode tahun 2010 – 2019 dan data uji (*Testing set*) periode 2020 - 2021.

3.2.1 Pelatihan dan Pengujian Algoritma Regresi Linier

Proses selanjutnya dilakukan proses pelatihan dan pengujian data. Data yang sudah dilakukan proses pelatihan selanjutnya dilakukan pelatihan data. Data selanjutnya dijadikan sumber data untuk proses *training* (pelatihan) dan *testing* (data uji) pada proses analisis Regresi Linier. Untuk proses analisis, data dibagi menjadi dua tahap, yaitu data *training* dan data *testing*.



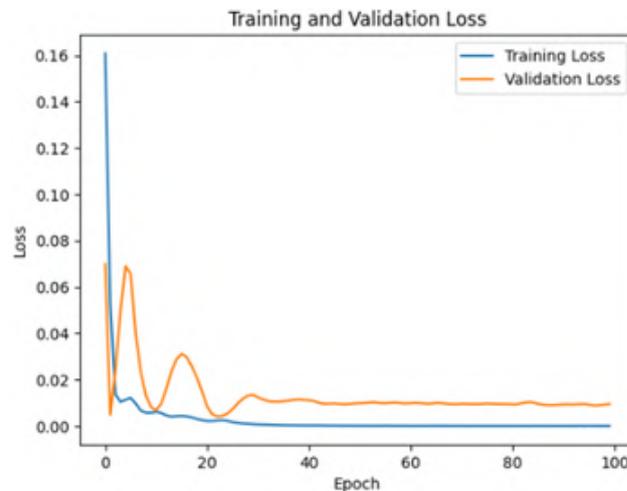
Gambar 5. Perbandingan antara Nilai Prediksi dan Data Aktual

Dari hasil pengujian pada gambar 5 didapatkan nilai MSE sebesar $9.306368624128321e-33$, nilai MAE sebesar $7.632783294297951e-17$, dan nilai R^2 sebesar 1.0.

3.2.2 Pelatihan dan Pengujian Algoritma *Multilayer Perceptron*

Data yang sudah dibersihkan, selanjutnya dijadikan sumber data untuk proses *training* (pelatihan) dan *testing* (pengujian) pada algoritma *Multilayer Perceptron*. Untuk proses analisis, data dibagi menjadi dua tahap, yaitu data

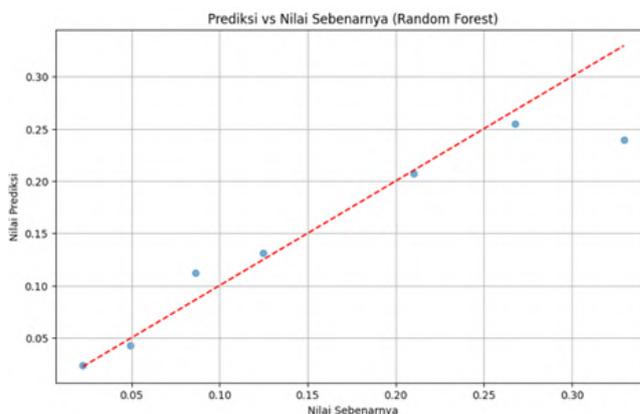
training dan data *testing*. Proses pelatihan dilakukan dengan melakukan 100 *epoch*, dan menghasilkan nilai MSE sebesar 0.0001800368, MAE sebesar 0.011356400471, dan R^2 sebesar 0.98436373873 yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik *Training and Validation Loss*

3.2.3 Pelatihan dan Pengujian Algoritma *Random Forest*

Pelatihan dan pengujian selanjutnya adalah algoritma *Random Forest*, algoritma ini merupakan metode *ensemble* berbasis pohon keputusan, memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan kemampuan generalisasi. Sama dengan pelatihan sebelumnya, untuk proses analisis, data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data *training* dan data *testing*.



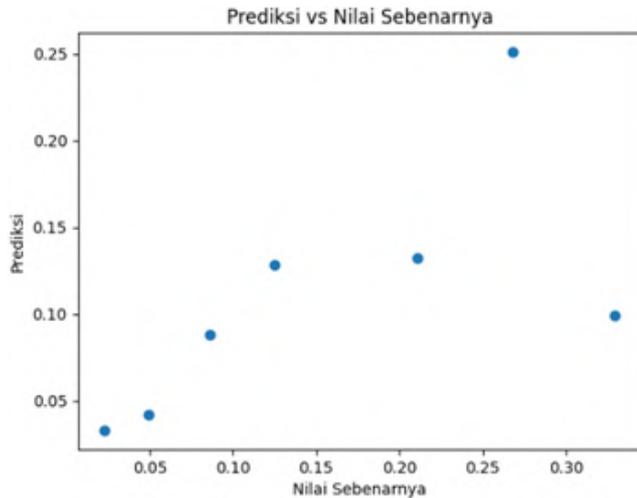
Gambar 7. Perbandingan antara Nilai Aktual dan Prediksi

Berdasarkan gambar 7 hasil pengujian yang dilakukan maka didapatkan nilai MSE 0.0012908747851076011, R^2 sebesar 0.8748804498896507, dan MAPE 14.210977728 %.

3.2.4 Pelatihan dan Pengujian Algoritma *XGBoost (Extreme Gradient Boosting)*

Algoritma selanjutnya adalah *XGBoost (Extreme Gradient Boosting)*. Untuk algoritma ini pun sama dilakukan pelatihan dan pengujian, di mana data dibagi dua bagian data *training* dan data *testing*. Dari hasil pelatihan menggunakan algoritma *XGBoost (Extreme Gradient Boosting)*, dihasilkan nilai MSE sebesar 0.0085409135324,

MAE sebesar 0.049742894000, dan R^2 sebesar 0.2582186178. Nilai MSE ini menunjukkan rata-rata dari kuadrat kesalahan antara nilai prediksi dan nilai aktual. Semakin rendah nilai MSE, semakin baik model dalam hal akurasi prediksi. Nilai MSE ini cukup kecil, yang berarti bahwa pada beberapa bagian model dapat memprediksi dengan cukup baik.

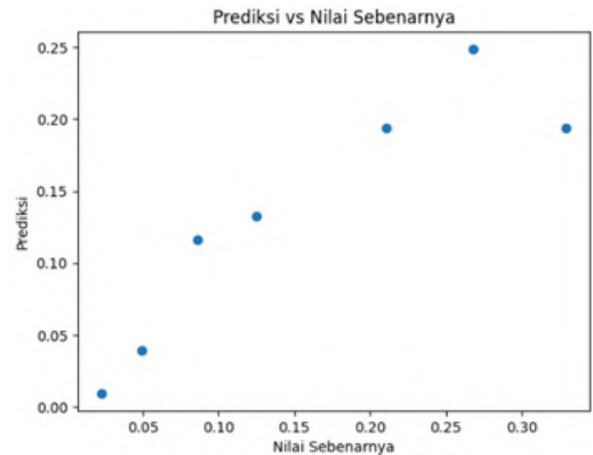


Gambar 8. Perbandingan antara Nilai Aktual dan Prediksi

Berdasarkan gambar 8 nilai MAE menunjukkan rata-rata kesalahan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual. Nilai MAE sebesar 0.0497 menunjukkan bahwa, secara rata-rata, prediksi model meleset sekitar 0.0497 dari nilai aktual. Nilai MAE ini juga terbilang rendah, yang menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi cukup dekat dengan nilai aktual. Nilai R^2 sebesar 0.2582 atau sekitar 25.82% menunjukkan bahwa model hanya mampu menjelaskan sekitar 25.82% variabilitas data. Ini adalah nilai yang rendah, yang berarti bahwa model belum mampu menjelaskan sebagian besar variabilitas yang ada dalam data.

3.2.5 Pelatihan dan Pengujian Algoritma *Decision Tree*

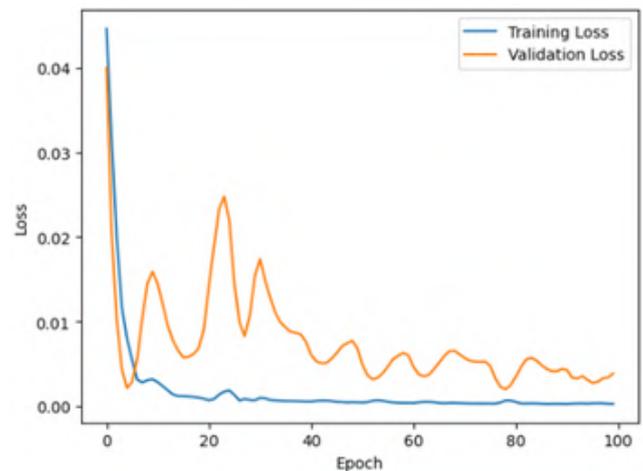
Algoritma *Decision Tree* merupakan algoritma selanjutnya dalam penelitian ini. Data yang sudah dibersihkan, selanjutnya dijadikan sumber data untuk proses *training* (pelatihan) dan *testing* (pengujian). Dari hasil pelatihan dan pengujian menggunakan algoritma *Decision Tree* menghasilkan nilai MSE sebesar 0.002889241878, MAE sebesar 0.03304749061, dan R^2 sebesar 0.7490683138. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa model *Decision Tree* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan hasil sebelumnya dari model *XGBoost*, khususnya dalam hal R^2 , yang jauh lebih tinggi (74.90% dibandingkan 25.82%). Gambar 9 menunjukkan bahwa model *Decision Tree* lebih efektif dalam menjelaskan variabilitas data dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat pada dataset ini.



Gambar 9. Perbandingan antara Nilai Aktual dan Prediksi

3.2.6 Pelatihan dan Pengujian Algoritma *Neural Network*

Pelatihan dan pengujian algoritma selanjutnya adalah *Neural Network*. Setelah data dibagi dua antara data *training* dan data uji, selanjutnya dilakukan pelatihan dan pengujian, di mana *epoch* yang dilakukan sebanyak 100 kali. Dari hasil pelatihan dan pengujian menggunakan algoritma *Neural Network* pada gambar 10 didapatkan MSE sebesar 0.000108982952, MAE sebesar 0.008737408082, dan R^2 sebesar 0.990534791. Hasil ini menunjukkan bahwa model *Neural Network* memiliki performa yang sangat baik dengan MSE dan MAE yang sangat rendah serta R^2 yang mendekati 1. Ini mengindikasikan bahwa model *Neural Network* sangat akurat dan mampu menjelaskan variabilitas data dengan baik, sehingga model ini sangat efektif untuk dataset yang digunakan.



Gambar 10. Hasil Pelatihan dan Pengujian Model *Neural Network*

3.3. Hasil dan Evaluasi

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja dari masing-masing algoritma yang digunakan berdasarkan dengan model MSE, MAE, dan R^2 , maka terlihat Regresi Linier memiliki nilai MSE yang sangat rendah ($9.31E-18$), hampir mendekati nol, yang menunjukkan bahwa model ini sangat tepat dalam memprediksi target pada dataset ini. *Neural Network* dan *Multilayer Perceptron* juga memiliki MSE yang sangat

rendah, yaitu sebesar 0.00010898 dan 0.0001800368, yang menunjukkan performa model yang sangat baik dengan *Error* yang sangat kecil. Sebaliknya, *XGBoost* memiliki MSE yang lebih tinggi sebesar 0.00854091, menunjukkan bahwa model ini kurang tepat dalam memprediksi pada dataset yang digunakan.

Regresi Linier dan *Neural Network* mencapai nilai $R^2 = 1$ dan 0.9905, yang berarti model ini dapat menjelaskan hampir 100% variasi dari data target, menunjukkan prediksi yang sangat akurat. *Multilayer Perceptron* juga menunjukkan R^2 tinggi sebesar 0.9844, menunjukkan bahwa model ini cukup kuat dalam menangkap pola data. *XGBoost*, dengan R^2 sebesar 0.2582, menunjukkan bahwa model ini hanya mampu menjelaskan sekitar 25.8% variasi dari data target, yang mengindikasikan bahwa model ini kurang cocok untuk dataset ini.

Neural Network memiliki nilai MAE terendah sebesar 0.00873740, menunjukkan kesalahan rata-rata yang sangat kecil pada prediksi, yang berarti model ini memberikan prediksi yang cukup akurat. Regresi Linier dan *Multilayer Perceptron* juga memiliki MAE yang rendah, menunjukkan akurasi prediksi yang tinggi. *XGBoost* memiliki nilai MAE yang relatif lebih tinggi, yakni sebesar 0.04974289, yang mengonfirmasi bahwa model ini tidak optimal pada dataset ini.

Regresi Linier, *Neural Network*, dan *Multilayer Perceptron* menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan nilai MSE, MAE, dan R^2 yang menunjukkan kemampuan prediksi yang tinggi. *Random Forest* juga menunjukkan performa yang cukup baik dengan R^2 sebesar 0.8749. *XGBoost* menunjukkan performa yang kurang optimal dalam prediksi kapasitas air pada dataset ini, dengan MSE dan MAE yang lebih tinggi serta R^2 yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan algoritma lainnya. Tabel 3 berikut adalah perbandingan hasil evaluasi untuk masing-masing algoritma yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Algoritma

No	Algoritma	MSE	R ² Score	MAE
1	Regresi Linier	9,31E-18	1	7,63E-02
2	<i>Decision Tree</i>	0.00288924	0.74906831	0.03304749
3	<i>Random Forest</i>	0.00129087	0.87488044	
4	<i>Multilayer Perceptron</i>	0.0001800368	0.98436373	0.01135640
5	<i>XGBoost (Extreme Gradient Boosting)</i>	0.00854091	0.25821861	0.04974289
6	<i>Neural Network</i>	0.00010898	0.99053479	0.00873740

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi model menggunakan metrik *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *R-squared* (R^2), dapat disimpulkan bahwa Regresi Linier, *Neural Network*, dan *Multilayer Perceptron*

merupakan algoritma dengan performa terbaik dalam memprediksi kapasitas produksi air bersih pada dataset ini. Hal ini terlihat dari nilai MSE yang sangat rendah, MAE yang kecil, serta nilai R^2 yang mendekati atau mencapai 1, yang menunjukkan bahwa ketiga model ini mampu menangkap pola data dan menghasilkan prediksi yang sangat akurat.

Random Forest juga menunjukkan kinerja yang cukup baik, dengan R^2 sebesar 0.8749, meskipun tidak seunggul Regresi Linier, *Neural Network*, dan *Multilayer Perceptron*. Sementara itu, *XGBoost* menunjukkan performa yang kurang optimal, dengan MSE dan MAE yang lebih tinggi serta R^2 yang rendah (0.2582), yang menunjukkan bahwa algoritma ini kurang cocok untuk dataset ini dan tidak dapat menangkap pola data dengan baik seperti model-model lainnya.

Secara keseluruhan, Regresi Linier, *Neural Network*, dan *Multilayer Perceptron* dapat direkomendasikan sebagai algoritma yang paling efektif untuk prediksi kapasitas produksi air bersih dalam penelitian ini, dengan akurasi tinggi dan kesalahan prediksi yang minimal.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting bagi perumusan kebijakan pengelolaan sumber daya air bersih di Indonesia, khususnya dalam konteks perencanaan dan pengambilan keputusan berbasis data. Dengan diketahuinya bahwa algoritma Regresi Linier, *Neural Network*, dan *Multilayer Perceptron* mampu menghasilkan prediksi kapasitas produksi air bersih dengan akurasi tinggi, maka instansi terkait, seperti dinas air minum, perencanaan wilayah, dan lembaga pengelola lingkungan, dapat memanfaatkan model-model ini untuk:

1. Perencanaan produksi dan distribusi air bersih.
2. Identifikasi wilayah rawan krisis air.
3. Alokasi anggaran dan investasi infrastruktur.
4. Monitoring dan evaluasi kinerja sistem air bersih.
5. Pengembangan sistem pendukung keputusan (DSS).

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada seluruh pihak di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Buana Perjuangan Karawang, yang telah memberikan dukungan, masukan, dan motivasi sehingga penulis dapat mempublikasikan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. M. Geoniti dan F. Yustiana, "Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air PDAM Tirtawening Wilayah Bandung Timur Kecamatan Kiaracandong Kota Bandung," *Reka Racana*, vol. xx, pp. 1-7, 2020.

- [2] D. Hartanti dan A. I. Pradana, "Komparasi Algoritma *Machine Learning* dalam Identifikasi Kualitas Air," *SMARTICS Journal*, vol. 9, pp. 1-6, 2023.
- [3] T. H. Hasibuan dan D. Mahdiana, "Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu Menggunakan Algoritma C4.5 pada UIN Syarif Hidayatullah Jakarta," *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 61-74, 2023.
- [4] D. A. Putra dan M. Kamayani, "Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu Menggunakan Metode Naive Bayes," *Seminar Nasional TEKNOKA*, vol. 5, pp. 34-40, 2020.
- [5] B. Putro, M. T. Furqon dan S. H. Wijoyo, "Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode *Exponential Smoothing*," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, pp. 4679-4686, 2018.
- [6] T. Rohana, J. Indra dan G. G. Munzi, "Kajian Model *Backpropagation* dan *Hybrid* ANFIS dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Kabupaten Karawang," *JOURNAL OF INFORMATION SYSTEM RESEARCH*, vol. 4, pp. 374-381, 2023.
- [7] S. Shabbir, "Comparing Performance of J48, *Multilayer Perceptron*," *Research*, 2015.
- [8] M. Thoriq, A. E. Syaputra dan Y. S. Eirlangga, "Perkiraan Kebutuhan Air Bersih Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*," *JURNAL FASILKOM*, vol. 13, pp. 438-444, 2023.
- [9] M. Haekal dan W. C. Wibowo, "Prediksi Kualitas Air Sungai Menggunakan Metode Pembelajaran Mesin: Studi Kasus Sungai Ciliwung," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 24, no. 2, pp. 273-282, 2023.
- [10] T. Rohana, "Performance Evaluation of Adaptive *Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* In Predicting New Students (Case Study: UBP Karawang)," *BIT and CS*, vol. 2, no. 2, pp. 31-37, 2021.
- [11] T. Rohana, E. Nurlaelasari, E. E. Awal dan H. Y. Novita, "Kajian Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Secara Dini Tingkat Kelulusan Mahasiswa," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 15, no. 4, pp. 629-640, 2024.
- [12] U. Riyanto, "Penerapan Algoritma *Multilayer Perceptron (MLP)* Dalam Menentukan Kelayakan Kenaikan Jabatan: Studi Kasus PP. Abc - Jakarta," *Jurnal Teknik Informatika (JIKA)*, vol. 2, no. 1, pp. 58-65, 2018.
- [13] F. J. Zebua, R. P. B. Manalu dan M. N. K. Nababan, "Prediksi Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Perbandingan Algoritma C5.0 Dengan *Regression Linear*," *Jurnal TEKINKOM*, vol. 4, no. 2, pp. 230-238, 2021.
- [14] R. Soelistijadi, T. D. Wismarini, S. Eniyati dan S. S., "Pemodelan Prediktif Menggunakan Metode *Ensemble Learning XGBoost* dalam Peningkatan Akurasi Klasifikasi Penyakit Ginjal," *Kesatria*, vol. 5, no. 4, pp. 1866-1875, 2024.
- [15] N. Muhammad, Data Mining Untuk Memprediksi Kelulusan Mahasiswa Jurusan Teknik Informatika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta Menggunakan Metode Klasifikasi C4.5, Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah, 2022.
- [16] T. Rohana, "Implementasi Model *Hybrid* Dalam Memprediksi Penyebaran Covid-19 Di Wilayah Jawa Barat," *Seminastika*, vol. 4, no. 2, pp. 124-137, 2021.



RANCANG BANGUN *WEBSITE SMARTBEEZ* SEBAGAI *PLATFORM* EDUKASI *PARENTING* DAN *CALISTUNG ANAK* BERBASIS *WATERFALL*

Maura Aqlaila Rasyade¹, Apriade Voutama²

^{1,2}Sistem Informasi, Universitas Singaperbangsa Karawang
Karawang, Jawa Barat, Indonesia 41363

mauraqlailarasyade13@gmail.com, apriade.voutama@staff.unsika.ac.id

Abstract

The development of digital technology has brought convenience to various aspects of life, including education. Websites have become one of the most effective solutions for providing access to learning, especially for parents and children. This study aims to design and develop the SmartBeez website as an educational platform for parenting and basic literacy (reading, writing, and arithmetic) for children, using the Waterfall model. System development consists of several stages, including requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. The website targets two main user groups, which are parents and children aged 5 to 12 years. Parents can access parenting materials, while children can learn basic literacy skills through interactive content. Data were collected through observation and literature. The system design is illustrated using Unified Modeling Language (UML) to represent the system flow visually and structurally. Testing was conducted using the black-box testing method to ensure that each feature works according to user needs. The results show that the SmartBeez website can serve as an educational platform that helps parents implement more effective parenting methods, while also providing an engaging and structured learning experience for children.

Keywords: Basic Skills, Parenting, System Design, Waterfall, Website

Abstrak

Perkembangan teknologi digital memberikan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang pendidikan. *Website* menjadi salah satu solusi efektif untuk menyediakan akses pembelajaran, khususnya bagi orang tua dan anak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *website SmartBeez* sebagai *platform* edukasi *parenting* dan *calistung* anak berbasis model *Waterfall*. Pengembangan sistem dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, pengembangan, serta pemeliharaan. *Website* ini dirancang untuk dua jenis pengguna utama, yaitu orang tua dan anak usia 5 hingga 12 tahun. Orang tua dapat mengakses berbagai materi *parenting*, sementara anak dapat belajar keterampilan dasar *calistung* melalui materi interaktif. Data dikumpulkan melalui observasi dan studi pustaka. Desain sistem digambarkan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) pada *draw.io* untuk menggambarkan alur sistem secara visual dan terstruktur. Pengujian dilakukan dengan metode *black-box testing* untuk memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *website SmartBeez* dapat menjadi *platform* edukasi yang membantu orang tua dalam menerapkan metode *parenting* yang efektif serta memberikan pengalaman belajar *calistung* yang menarik bagi anak-anak.

Kata kunci: Calistung, Parenting, Rancang Bangun, Waterfall, Website

1. PENDAHULUAN

Pada era revolusi 4.0, hampir semua perangkat memerlukan koneksi internet, yang memberikan berbagai kemudahan bagi manusia. Kehadiran internet seakan menggantikan kebiasaan dalam mengakses media konvensional yang telah lama digunakan. Meskipun demikian, hal tersebut dianggap wajar karena internet mampu membuat segala sesuatu menjadi lebih mudah [1]. Tentunya, kehadiran internet ini tidak lepas dari kemajuan dan perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi yang semakin pesat dan canggih memberikan manfaat besar dalam mendukung aktivitas di

berbagai bidang [2], termasuk dalam mendukung kemajuan di bidang pendidikan.

Di era modern saat ini, kemajuan teknologi menjadi hal tidak bisa dihindari oleh siapa pun, baik anak-anak maupun orang dewasa [3]. Perubahan ini juga berdampak pada pola pendidikan, di mana akses informasi yang semakin mudah memungkinkan orang tua untuk memperoleh wawasan yang lebih luas mengenai dunia pendidikan anak. Hal ini menjadikan tingkat pendidikan orang tua sebagai faktor penting yang turut menentukan keberhasilan pendidikan anak. Orang tua yang memiliki latar pendidikan tinggi, cenderung memberikan arahan dan dukungan kepada anak

untuk meniru langkah mereka dan memanfaatkan ilmu yang telah diperoleh [4].

Sejalan dengan itu, pembelajaran anak usia dini sebaiknya dirancang untuk membangun pemahaman dasar melalui pengalaman nyata. Hal ini memungkinkan anak untuk terlibat aktif dalam berbagai aktivitas dan mengembangkan rasa ingin tahu mereka secara optimal [5]. Namun, meskipun peran orang tua dalam pendidikan anak sangat penting, penerapan metode pembelajaran yang efektif tetap menjadi tantangan tersendiri, terutama ketika kesibukan dalam pekerjaan, minimnya pemahaman mengenai metode pendidikan yang efektif, serta dampak dari lingkungan sosial menghambat keterlibatan orang tua dalam mendidik anak [6]. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan sebuah sistem yang mampu menyediakan akses pembelajaran yang, baik bagi orang tua maupun anak-anak. Saat ini, tersedia berbagai jenis media pembelajaran yang bisa dimanfaatkan untuk menunjang proses belajar, dengan manfaat yang beragam. Namun, penggunaan media pembelajaran perlu didasarkan pada pemilihan yang tepat, karena hal ini dapat memperluas fungsi dan maknanya dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran [7].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran memiliki dampak yang positif terhadap peningkatan pemahaman anak. Penelitian yang dilakukan oleh Rafika menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam proses pembelajaran matematika di tingkat sekolah dasar terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa. Teknologi digital menyediakan materi pembelajaran yang interaktif dan menarik, sehingga meningkatkan motivasi belajar siswa. Selain itu, penelitian oleh Asfahani menyoroti pentingnya peran orang tua dalam mendukung pendidikan anak di era digital. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa keterlibatan orang tua yang didukung oleh teknologi dapat meningkatkan kualitas pendidikan anak, terutama dalam membantu mereka mengembangkan keterampilan dasar seperti membaca, menulis, dan berhitung.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan media pembelajaran berbasis *website* merupakan salah satu alternatif yang efisien untuk menyampaikan informasi. Hal ini disebabkan oleh kemudahan akses yang ditawarkan, di mana pengguna hanya memerlukan koneksi internet untuk mengaksesnya dari mana saja [8]. Pembelajaran yang mengintegrasikan elemen audio-visual memainkan peran penting dalam sistem pendidikan, sehingga membuat proses belajar menjadi lebih mudah, menyenangkan dan efektif [9].

Parenting adalah pola asuh dan pembimbingan yang diterapkan orang tua kepada anak, yang mencakup berbagai aspek perkembangan anak seperti fisik, emosional, sosial, maupun kognitif [10]. Oleh karena itu, media edukasi *parenting* perlu menyediakan fitur berisi panduan mengasuh anak, memahami emosi, membangun interaksi sosial, dan menstimulasi kognitif secara tepat. Materi yang jelas dan

lengkap akan membantu orang tua dalam membentuk karakter anak secara menyeluruh.

Sementara itu, *calistung* adalah singkatan dari membaca, menulis, dan berhitung, yang merupakan keterampilan dasar penting bagi anak usia dini [11]. Dalam konteks *parenting*, pengenalan *calistung* juga menjadi tanggung jawab orang tua untuk mendukung kesiapan belajar anak di rumah. Materi *calistung* yang menarik dan interaktif dalam satu *platform* bersama materi *parenting* dapat mendorong keterlibatan orang tua dalam proses belajar anak.

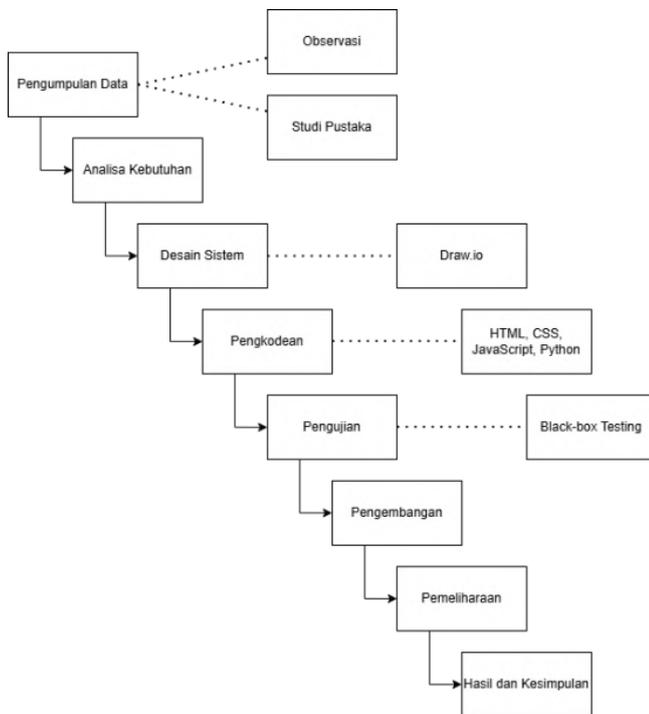
Untuk mendukung hal tersebut, dikembangkan *website SmartBeez* yang dirancang untuk dua jenis pengguna, yaitu orang tua dan anak usia 5 sampai 12 tahun. *Platform SmartBeez* memiliki dua fitur utama, yaitu materi *parenting* untuk orang tua dan pembelajaran *calistung* untuk anak-anak. Melalui *platform* ini, orang tua dapat mengakses berbagai materi *parenting* yang membantu mereka memahami metode *parenting* yang lebih efektif, sedangkan anak-anak dapat belajar keterampilan dasar membaca, menulis, dan berhitung (*calistung*) melalui materi yang menarik dan interaktif. Dengan demikian, aplikasi ini diharapkan dapat mempermudah orang tua dalam menerapkan metode *parenting* yang lebih efektif, sehingga anak lebih mudah memahami materi yang diberikan.

Pengembangan sistem ini, dilakukan dengan menggunakan pendekatan SDLC (Software Development Life Cycle) dengan model *Waterfall*. SDLC sendiri merupakan sebuah siklus hidup yang mencakup tahapan pembuatan, modifikasi, dan pengembangan sistem, termasuk metode dan model yang diterapkan dalam perancangannya [12]. Dengan kata lain, konsep SDLC (Software Development Life Cycle) berperan sebagai landasan utama dalam pengembangan sistem, menyediakan kerangka kerja untuk merancang dan mengelola sistem secara terstruktur [13]. Salah satu pengembangan dalam SDLC yang sering digunakan oleh pengembang adalah model *Waterfall* [14].

Model *Waterfall* dikenal juga sebagai model sekuensial linier (*sequential linear*) atau dikenal sebagai alur hidup klasik (*classic life cycle*) [15]. Model *Waterfall* merupakan salah satu metode pengembangan sistem yang menerapkan alur kerja secara berurutan dari satu tahap ke tahap berikutnya. Dalam penerapannya, setiap langkah harus diselesaikan sepenuhnya sebelum beralih ke tahap berikutnya, dimulai dari tahap awal hingga tahap akhir secara sistematis [1] untuk mencegah pengulangan tahapan [16]. Perancangan model *Waterfall* bertujuan untuk membangun sistem yang sesuai dengan spesifikasi kebutuhan fungsional, mencapai target yang ditetapkan, memenuhi kebutuhan sumber daya dan *performa*, mematuhi batasan dalam proses desain, serta menyesuaikan dengan anggaran, waktu, dan perangkat yang tersedia [17].

2. METODE PENELITIAN

Dalam perancangan sistem *website* dengan model *Waterfall*, terdapat berbagai tahapan yang harus dilalui. Adapun tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada kerangka penelitian yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data berupa observasi dan studi pustaka. Kedua pendekatan tersebut diterapkan untuk memperoleh informasi yang sesuai dan mendukung proses analisis. Adapun tahapan-tahapan dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut:

- 1) Observasi, yaitu proses pengumpulan data melalui pengamatan langsung terhadap objek penelitian dengan tujuan memperoleh data yang tepat dan sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan.
- 2) Studi pustaka, yaitu cara pengumpulan data melalui penelusuran berbagai sumber literatur, seperti buku, artikel ilmiah, dan dokumen lain yang berkaitan.

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui enam langkah utama sesuai dengan model *waterfall*, yaitu analisa kebutuhan, desain sistem, penulisan kode program, pengujian, pengembangan dan pemeliharaan sistem. Berikut adalah penjelasan setiap tahapan:

1) Analisis Kebutuhan

Tahap ini mencakup identifikasi kebutuhan sistem berdasarkan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Kebutuhan fungsional meliputi fitur pembelajaran

parenting untuk orang tua, pembelajaran calistung untuk anak-anak, dan sistem autentikasi. Kebutuhan non-fungsional mencakup keamanan data, kecepatan akses, dan responsivitas antarmuka.

2) Desain Sistem

Desain sistem digambarkan menggunakan *draw.io* dengan pendekatan *Unified Modeling Language* (UML) yang mencakup diagram *use case*, *activity diagram*, dan *sequence diagram*.

3) Penulisan Kode Program

Tahap implementasi memanfaatkan teknologi berbasis web antara lain HTML, CSS, JavaScript, dan Python menggunakan *framework* Django. Fitur dikembangkan secara bertahap untuk memastikan integrasi yang baik.

4) Pengujian Program

Proses pengujian dilakukan dengan pendekatan *black-box testing* guna memastikan bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna, tanpa perlu menganalisis kode program secara langsung.

5) Pengembangan Program

Pada tahap ini, sistem terus dikembangkan dengan menambah fitur, dan mengoptimalkan *performa*. Pengembangan dilakukan secara bertahap berdasarkan pengujian dan masukan pengguna.

6) Pemeliharaan Program

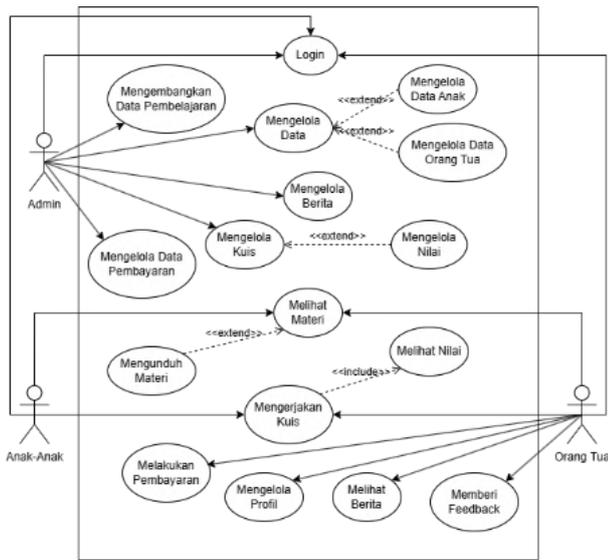
Sistem diterapkan di lingkungan nyata dan dipantau secara berkala untuk perbaikan *bug*, peningkatan fitur, dan optimalisasi *performa* sesuai kebutuhan pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah data penelitian berhasil dikumpulkan, tahap berikutnya adalah merancang alur proses sistem dengan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) yang mencakup diagram *use case*, *activity diagram*, dan *sequence diagram*. Sistem ini, melibatkan tiga peran utama (*actors*), yaitu admin, orang tua, dan anak-anak. Perancangan ini bertujuan untuk menggambarkan interaksi serta alur kerja sistem secara lebih terstruktur dan mudah dipahami.

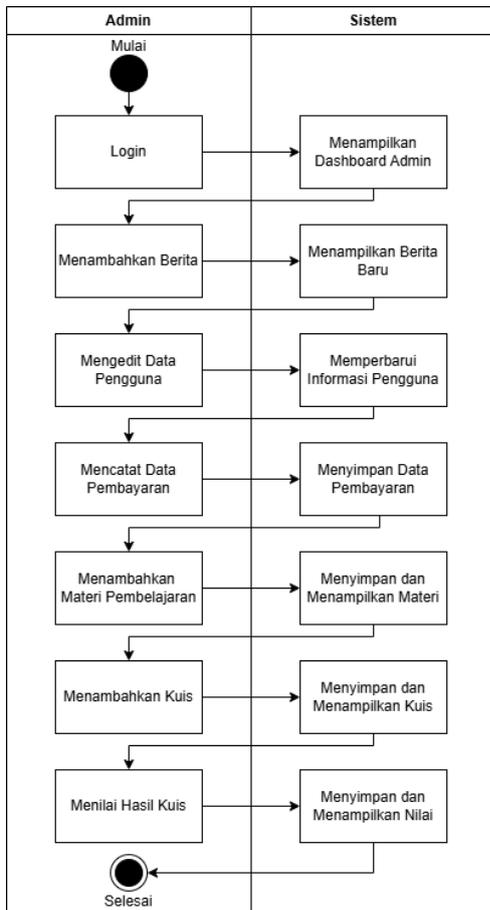
Diagram *use case* yang ditampilkan pada Gambar 2 menggambarkan peran admin sebagai pengguna utama. Admin memiliki akses untuk *login*, mengembangkan data pembelajaran, mengelola data yang berkaitan dengan anak-anak maupun orang tua, mengelola berita, mengelola kuis (mengelola nilai), dan mengelola data pembayaran. Pengguna kedua adalah orang tua, di mana seorang orang tua dapat melakukan *login*, melihat materi pembelajaran (mengunduh materi pembelajaran), mengerjakan kuis (melihat nilai), melakukan pembayaran, mengelola profil, melihat berita, dan memberi *feedback* pada *website*. Sementara pengguna ketiga yaitu anak-anak, di mana

seorang anak dapat melakukan *login*, melihat materi (mengunduh materi) dan mengerjakan kuis (melihat nilai).



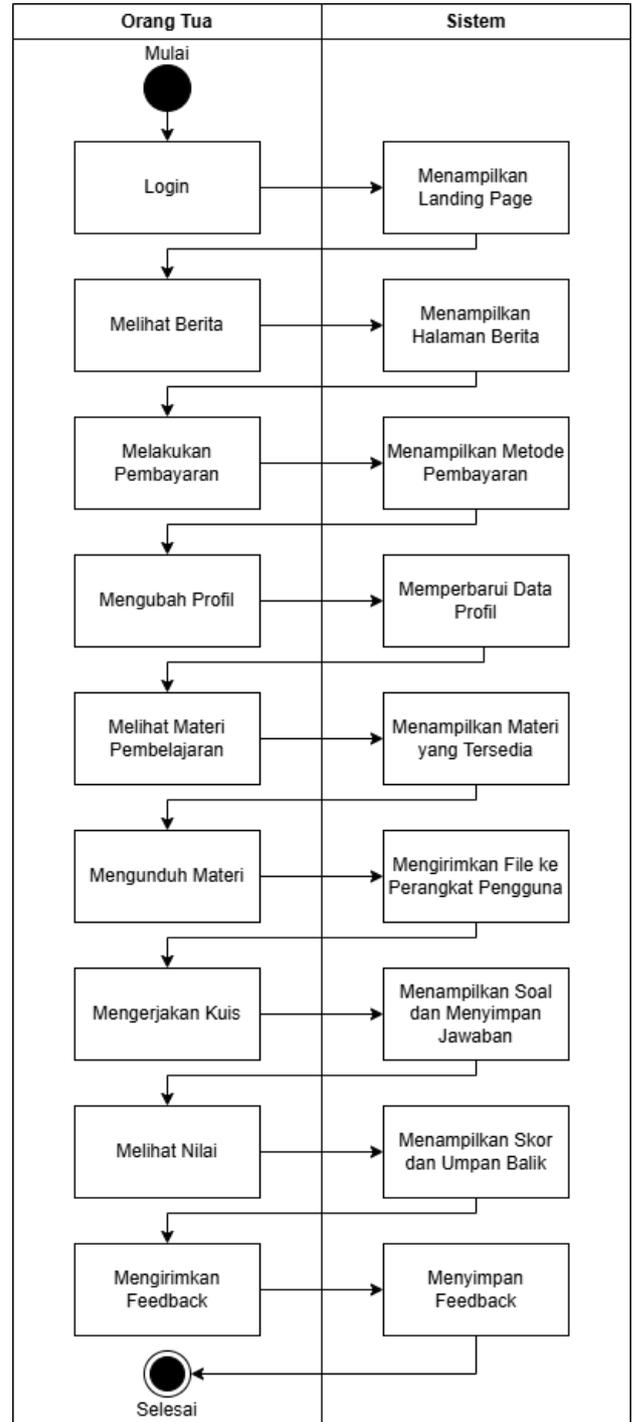
Gambar 2. Diagram Use Case

Activity diagram menggambarkan alur proses interaksi setiap pengguna dengan sistem. Admin memiliki peran yang penting untuk mengelola data, termasuk dalam mengelola data pengguna, materi pembelajaran, berita, kuis, serta data pembayaran. Seperti yang dapat terlihat pada Gambar 3.



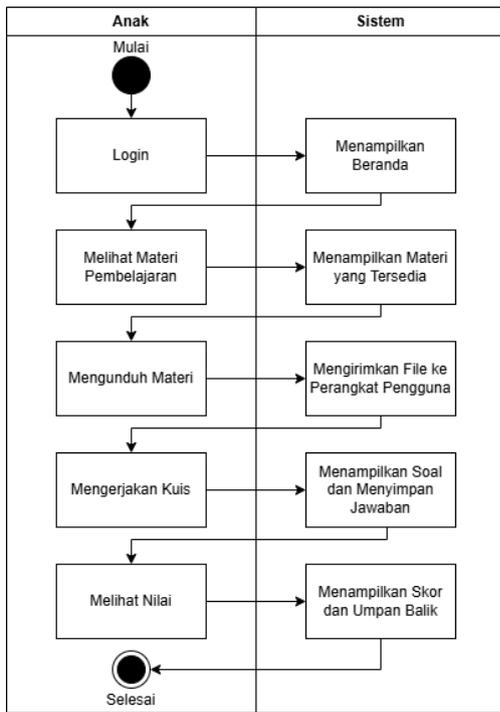
Gambar 3. Activity Diagram Admin

Orang tua berperan sebagai pengguna yang memanfaatkan sistem untuk mengakses materi *parenting*, mengerjakan kuis *parenting*, melihat nilai, serta fitur-fitur lainnya. Sebagaimana yang dapat terlihat pada Gambar 4.



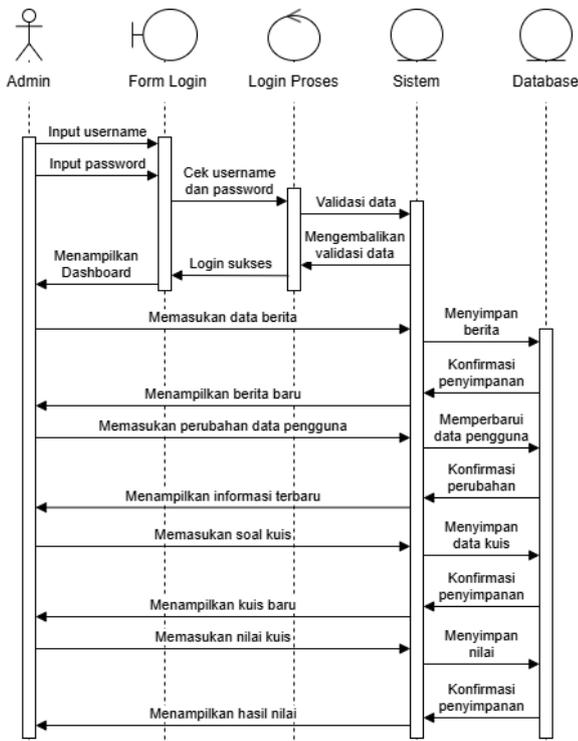
Gambar 4. Activity Diagram Orang Tua

Anak-anak sebagai pengguna yang memanfaatkan sistem untuk melihat materi *calistung*, mengunduh materi, mengerjakan kuis *calistung*, dan melihat nilai hasil kuis. Hal ini dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 5.



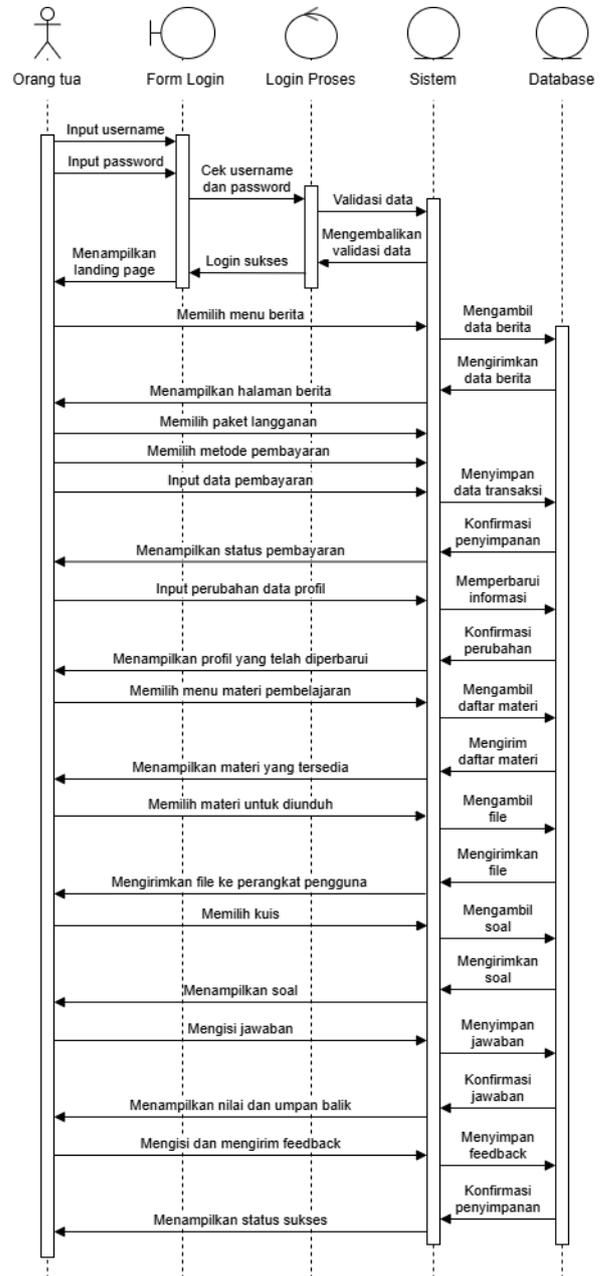
Gambar 5. Activity Diagram Anak

Sequence diagram menunjukkan komunikasi antara pengguna, sistem, dan database dalam setiap aktivitas. Saat admin melakukan login, kemudian sistem memverifikasi dan memberikan akses dashboard. Admin dapat melakukan berbagai aktivitas seperti memasukkan berita, memperbaiki data pengguna, dan membuat kuis baru. Semua aktivitas yang dilakukan admin akan disimpan ke database dan dikonfirmasi oleh sistem. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Sequence Diagram Admin

Sequence diagram untuk orang tua menggambarkan langkah-langkah interaksi dengan sistem, mulai dari login, memilih menu, hingga mengakses materi pembelajaran. Selain itu, orang tua juga dapat melakukan pembayaran, mengirim feedback, dan mengunduh materi dari database. Seluruh aktivitas ini dikonfirmasi oleh sistem dan disimpan ke dalam database. Proses ini dilihat secara jelas pada Gambar 7.



Gambar 7. Sequence Diagram Orang Tua

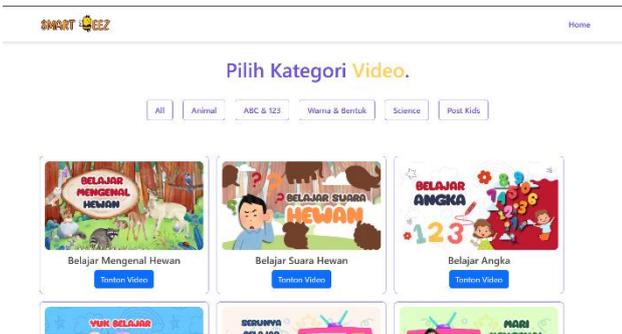
Sequence diagram untuk anak memperlihatkan interaksi mereka dengan sistem, mulai dari login hingga mengakses materi pembelajaran. Anak dapat memilih materi yang tersedia, mengunduh materi tersebut, serta mengerjakan soal kuis yang disediakan. Seluruh data dan aktivitas anak disimpan oleh sistem sebagai dasar untuk memantau perkembangan belajar calistung mereka. Proses ini ditampilkan secara jelas pada Gambar 8.

informatif. Tampilannya juga dilengkapi dengan elemen visual yang menarik agar pengguna lebih tertarik untuk mengeksplorasi fitur yang tersedia.



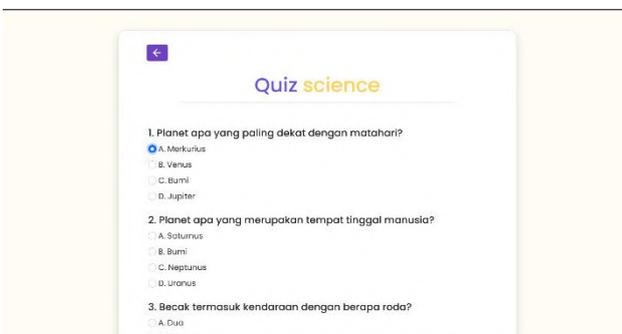
Gambar 13. Halaman Beranda

Halaman materi video pada Gambar 14 menampilkan berbagai video pembelajaran dengan beragam kategori. Seperti *Animal*, *ABC & 123*, *Warna & Bentuk*, *Science*, dan *Post Kids*. Selain itu, halaman ini juga dilengkapi dengan fitur pencarian berdasarkan kategori yang memudahkan pengguna untuk menemukan video yang mereka butuhkan.



Gambar 14. Halaman Materi Video

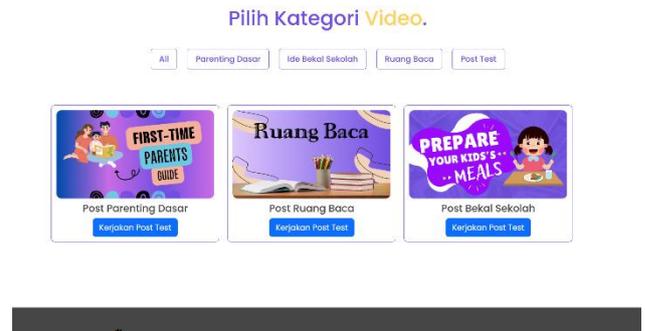
Halaman kuis calistung untuk anak pada Gambar 15 menampilkan berbagai pertanyaan yang harus dijawab oleh anak untuk dapat melihat dan memperoleh nilai. Setelah anak menyelesaikan kuis dengan menekan tombol Selesai, sistem akan langsung menampilkan hasil skor serta memberikan *feedback* sesuai dengan jawaban yang diberikan.



Gambar 15. Halaman Kuis Calistung

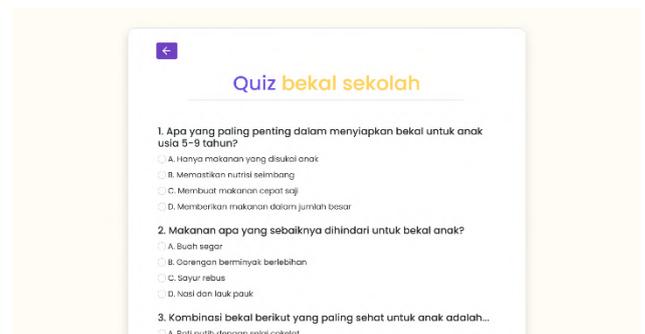
Halaman materi post test pada Gambar 16 menampilkan berbagai pilihan materi *post test*. Seperti *Post Test Parenting Dasar*, *Post Test Ruang Baca*, dan *Post Test*

Bekal Sekolah. Selain itu, halaman ini juga dilengkapi dengan fitur pencarian berdasarkan kategori yang memudahkan pengguna untuk menemukan berbagai materi yang mereka butuhkan.



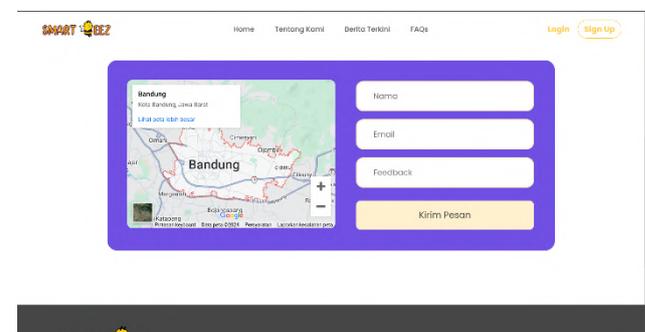
Gambar 16. Halaman Materi *Post Test*

Halaman kuis *parenting* orang tua pada Gambar 17 menampilkan berbagai pertanyaan yang harus dijawab oleh orang tua untuk dapat melihat dan memperoleh nilai. Setelah orang tua menyelesaikan kuis dengan menekan tombol selesai, sistem akan langsung menampilkan hasil skor serta memberikan *feedback* sesuai dengan jawaban yang diberikan.



Gambar 17. Halaman Kuis *Parenting*

Bagian formulir *feedback* pada Gambar 18 menampilkan formulir yang dapat diisi oleh pengguna ketika ingin memberikan masukan atau ulasan terhadap *website*. Setelah formulir *feedback* dikirim, sistem akan menyimpan dan memproses *feedback* tersebut untuk meningkatkan kualitas *website*.



Gambar 18. Formulir *Feedback*

Setelah sistem selesai dikembangkan, tahap berikutnya adalah verifikasi untuk memastikan bahwa seluruh fungsi

dan fitur pada sistem telah berjalan sesuai rencana. Proses verifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *black-box testing*, yaitu metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsional tanpa melihat struktur internal sistem. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan tiap fitur berjalan sesuai dengan spesifikasi. Fokus utama pengujian ini meliputi *login* pengguna, akses materi *parenting* dan *calistung*, pengisian kuis, pengiriman *feedback*, serta proses pendaftaran dan pembayaran. Hasil pengujian tersebut disajikan secara rinci dan detail pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Black-Box Testing*

No	Input	Target Hasil	Respons Sistem	Hasil
1.	Masuk <i>website</i>	Tampil halaman <i>landing page</i>	Menampilkan halaman <i>landing page</i>	Valid
2.	Pengguna melakukan <i>login/register</i>	Tampil halaman yang tersambung dengan halaman beranda	<i>Login/register</i> berhasil dilakukan lalu <i>user</i> masuk ke halaman beranda	Valid
3.	Pengguna menekan tombol berita	Tampil halaman berita	Menampilkan halaman berita	Valid
4.	Pengguna menekan tombol formulir pendaftaran	Tampil formulir pendaftaran	Menampilkan formulir dan alur pendaftaran	Valid
5.	Pengguna mengelola profil	Tampil halaman profil	Menampilkan halaman profil	Valid
6.	Pengguna menekan tombol materi	Tampil halaman materi	Menampilkan halaman materi	Valid
7.	Pengguna mengunduh materi	<i>File</i> materi tersimpan di perangkat pengguna	<i>File</i> materi berhasil diunduh	Valid
8.	Pengguna menekan tombol kuis	Tampil halaman kuis	Menampilkan halaman kuis	Valid
9.	Pengguna menekan ikon lihat nilai	Tampil nilai kuis	Menampilkan halaman nilai berdasarkan kuis	Valid
10.	Pengguna mengisi kolom <i>feedback</i>	Tampil kolom <i>feedback</i>	Menampilkan kolom <i>feedback</i>	Valid

Berdasarkan pengujian yang ditampilkan pada Tabel 1, dapat terlihat bahwa setiap fitur pada *website parenting* dan *calistung* sudah berjalan dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa *website SmartBeez* siap digunakan sebagai *platform* edukasi *parenting* bagi orang tua serta menjadi media pembelajaran *calistung* bagi anak-anak usia 5 sampai 12 tahun. Dengan menggabungkan materi *parenting* dan *calistung*, *SmartBeez* tidak hanya mendukung

peran orang tua dalam pengasuhan, tetapi juga membantu menstimulasi aspek kognitif anak yang merupakan bagian penting dari proses *parenting* itu sendiri. Meski demikian, pemantauan dan evaluasi secara rutin tetap diperlukan untuk memastikan pengalaman pengguna yang optimal dan pengembangan berkelanjutan di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Proses pembelajaran *parenting* untuk orang tua dan *calistung* bagi anak-anak dapat didigitalisasi melalui pengembangan *website SmartBeez* sebagai media edukasi berbasis web. *SmartBeez* mencakup berbagai fitur utama, seperti halaman *landing page*, *login*, berita, formulir pendaftaran, beranda, profil, materi, kuis, serta formulir *feedback*.
- 2) *SmartBeez* berfungsi sebagai *platform* edukasi digital yang tidak hanya mendukung orang tua dalam pengasuhan anak, tetapi juga membantu menstimulasi aspek kognitif melalui pembelajaran *calistung* yang terstruktur dan interaktif.
- 3) Pengembangan lebih lanjut dapat difokuskan pada peningkatan fitur interaktif, seperti sesi konsultasi daring dengan ahli *parenting* atau guru *calistung*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih ditujukan kepada Educourse.id yang memberikan kesempatan dan materi pembelajaran dalam pembuatan *website*. Ilmu dan pengalaman yang diberikan selama pembelajaran sangat bermanfaat dalam pengembangan *website* ini. Selain itu, terima kasih juga diucapkan kepada Bapak Apriade Voutama, M.Kom. atas bimbingan dan arahannya selama proses belajar, yang telah membantu dalam memahami konsep dan praktik pembuatan *website SmartBeez* dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Fachri and R. W. Surbakti, "Perancangan Sistem dan Desain Undangan Digital Menggunakan Metode Waterfall Berbasis *Website* (Studi Kasus: Asco Jaya)," vol. 4307, no. 3, pp. 263–267, 2021.
- [2] A. Voutama and E. Novalia, "Web-Based Graduation Plaque Information System Design Using UML and Waterfall Model," *Syntax J. Inform.*, vol. 11, no. 01, pp. 36–49, 2022, doi: 10.35706/syji.v11i01.6412.
- [3] I. A. Huda, "Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) terhadap Kualitas Pembelajaran di Sekolah Dasar." *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, vol. 2, no. 1, pp. 121-125, 2020.
- [4] M. Ardiansyah, "Kontribusi Tingkat Pendidikan Orang Tua, Lingkungan, dan Kecerdasan Logis terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis," *J. Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 163–178, 2020.

- [5] W. Harjono and K. J. Tute, "Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall," *SATESI J. Sains Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 47–51, 2022, doi: 10.54259/satesi.v2i1.773.
- [6] F. M. Almufqi, A. Voutama, and N. Heryana, "Rancang Bangun Sistem Penerimaan Peserta Didik Baru Berbasis Web pada SMK Taruna Karya 1 Karawang," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 2, pp. 1410–1416, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i2.6865.
- [7] Y. S. Novitasari, Q. J. Adrian, and W. Kurnia, "Rancang Bangun Sistem Informasi Media Pembelajaran Berbasis Website," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 3, pp. 136–147, 2021, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTSI>
- [8] R. B. B. Sumantri, W. Setiawan, and D. N. Triwibowo, "Rancang Bangun Aplikasi Media Jasa Desain Logo dengan Metode Waterfall Berbasis Website," *METHOMIKA J. Manaj. Inform. dan Komputerisasi Akunt.*, vol. 6, no. 6, pp. 157–163, 2022, doi: 10.46880/jmika.vol6no2.pp157-163.
- [9] E. Riyandana, M. G. A. Ars, and A. Surahman, "Rancang Bangun Aplikasi Game Edukasi Kosakata Baku dalam Bahasa Indonesia di Tingkat Sekolah Dasar (Studi Kasus SD Negeri 1 Way Petai Lampung Barat)," vol. 3, no. 2, pp. 213–225, 2022.
- [10] V. L. Lestari, S. Suwarsito, and A. Rasyada, "Pengaruh Pola Asuh Orang Tua Terhadap Tumbuh Kembang Anak (Stunting)," *EDUSAINTEK J. Pendidikan, Sains dan Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 302–311, 2022, doi: 10.47668/edusaintek.v9i2.458.
- [11] Maskur, M. K. Anwar, and Trianah, "Implementasi Pembelajaran Blended Learning di Madrasah Ibtidaiyah," *J. Magistra*, vol. 12, no. 2, pp. 120–133, 2021, doi: 10.31942/mgs.
- [12] A. Alfisyakhrin, I. Nawangsih, and I. Romli, "Sistem Pembayaran SPP pada SMK Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall," vol. 4, no. 2, pp. 1100–1110, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1315.
- [13] A. A. Wahid, "Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi," no. November, 2020.
- [14] E. A. Giofandi, A. Novalinda, D. Sekarjati, M. A. Pratama, and C. E. Sekarrini, "Analisis Aksesibilitas Fasilitas Kesehatan di Kota Pekanbaru, Indonesia," *J. Inf. Syst. Dev.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.19166/isd.v8i1.581.
- [15] A. Rohman, R. Y. Perkasa, and A. S. Hidaytullah, "Implementasi Metode Waterfall Pada Rancang Bangun Sistem Pengarsipan Surat Berbasis Web," vol. 6, no. 2, pp. 134–143.
- [16] A. Setiawan, S. Samsugi, and D. Alita, "Rancang Bangun Sistem Informasi Akademik SMK Taman Siswa 1 Tanjung Karang Berbasis Web," *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 4, no. 1, pp. 53–59, 2023, doi: 10.33365/jatika.v4i1.2465.
- [17] M. Rizky Febriansyah and A. Voutama, "Rancang Bangun Sistem Ujian Online Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 3, pp. 2640–2647, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9563.



KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN SINGKONG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DENGAN ARSITEKTUR VGG16 BERBASIS ANDROID

Annisa Mustika Anggraeni¹, Teguh Iman Hermanto², Imam Maruf Nugroho³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukana
Purwakarta, Jawa Barat, Indonesia, 41151

annisamustika20@wastukancana.ac.id , teguhiman@wastukancana.ac.id , imam.ma@wastukancana.ac.id

Abstract

Cassava plants play an important role as a national food source. However, their productivity has declined in recent years due to leaf disease. Manual disease identification is often inaccurate and slow. This study aims to develop an automatic classification system based on digital images to detect cassava leaf disease quickly and accurately. The method used is a Convolutional Neural Network (CNN) with a VGG16 architecture. The system was developed following the CRISP-DM approach and uses tools such as Python, Keras, TensorFlow, and TensorFlow Lite for integration into Android. The model was trained to recognize five leaf conditions: brown spots, bacterial blight, green mite, mosaic, and healthy. Testing over 50 epochs showed an accuracy of 96%, with precision, recall, and F1-score ranging from 0.93 to 0.98. This approach is superior to the research by Setyanto and Ariatmanto, which only achieved an accuracy of 72.84%. This system helps farmers perform early diagnosis by taking or uploading photos of leaves, enabling more effective disease control.

Keywords: Cassava Leaf, Convolutional Neural Network, Disease Detection, Image Classification, VGG16

Abstrak

Tanaman singkong berperan penting sebagai sumber pangan nasional. Namun, produktivitasnya menurun dalam beberapa tahun terakhir akibat penyakit daun. Identifikasi penyakit secara manual sering tidak akurat dan lambat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi otomatis berbasis citra digital untuk mendeteksi penyakit daun singkong secara cepat dan akurat. Metode yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur VGG16. Sistem dikembangkan mengikuti pendekatan CRISP-DM dan menggunakan tools seperti Python, Keras, TensorFlow, dan TensorFlow Lite untuk integrasi ke Android. Model dilatih untuk mengenali lima kondisi daun: brown spots, bacterial blight, green mite, mosaic, dan healthy. Pengujian selama 50 epoch menunjukkan akurasi sebesar 96%, dengan precision, recall, dan F1-score pada kisaran 0,93–0,98. Pendekatan ini lebih baik dibandingkan penelitian oleh Setyanto dan Ariatmanto yang hanya mencapai akurasi 72,84%. Sistem ini membantu petani melakukan diagnosis dini melalui pengambilan atau unggah foto daun, sehingga pengendalian penyakit dapat dilakukan secara lebih efektif.

Kata kunci: Convolutional Neural Network, Daun Singkong, Deteksi Penyakit, Klasifikasi Citra, VGG16

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, singkong menjadi salah satu tanaman pertanian yang memiliki peranan strategis yang menempati urutan ketiga setelah padi dan jagung dalam hal konsumsi masyarakat. Tanaman ini dikenal karena kemampuannya bertahan hidup di berbagai kondisi iklim dan jenis tanah, sehingga banyak dibudidayakan di berbagai wilayah [1]. Meskipun demikian, potensi produktivitasnya yang besar belum sepenuhnya dapat dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, terjadi tren penurunan produksi singkong secara

nasional dalam tiga tahun terakhir, yaitu dari 16,27 juta ton pada tahun 202 menjadi 15,73 juta ton pada tahun 2021, dan terus menurun hingga mencapai 14,98 juta ton pada tahun 2022 [2].

Salah satu penyebab utama penurunan produktivitas tersebut adalah serangan penyakit yang menyerang bagian daun tanaman. Kerusakan pada daun sangat mempengaruhi proses *fotosintesis* yang merupakan fungsi vital bagi pertumbuhan umbi dan batang. Penyakit pada daun singkong umumnya menunjukkan gejala berupa bercak, perubahan warna, serta pola visual yang menyimpang dari

kondisi normal [3]. Identifikasi dini menjadi langkah penting untuk meningkatkan efektivitas dalam pengendalian penyakit tanaman. Namun, dalam praktiknya, sebagian besar petani masih mengandalkan pengamatan visual secara manual yang bersifat subjektif dan rentan terhadap kesalahan identifikasi [4].

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang *computer vision*, membuka peluang baru dalam mendukung identifikasi penyakit tanaman secara otomatis dan akurat. Salah satu metode yang saat ini banyak digunakan dalam klasifikasi citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN), yang mampu mengenali karakteristik visual seperti bentuk, warna, dan pola tekstur secara mendalam [5]. Di antara berbagai arsitektur CNN yang telah dikembangkan, VGG16 merupakan salah satu yang populer digunakan karena memiliki struktur jaringan yang dalam dan kinerja akurasi yang baik dalam tugas-tugas klasifikasi gambar [6]. Beberapa studi terdahulu telah membuktikan efektivitas CNN dalam mendeteksi penyakit tanaman. Penelitian oleh Setyanto dan Ariatmanto berhasil mengklasifikasikan penyakit daun singkong ke dalam lima kategori menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan arsitektur *Inception-V3* dan *EfficientNet-B4*. Model terbaik yang dikembangkan mencapai akurasi validasi sebesar 72,84% dengan performa lebih stabil pada kelas dengan jumlah data lebih besar [7]. Penelitian lainnya memanfaatkan arsitektur VGG16 untuk mengklasifikasikan 31 jenis rempah, dengan hasil akurasi mencapai 88,66% pada data pelatihan dan 84,02% pada data pengujian, menunjukkan performa tinggi meski menghadapi tantangan pada kelas dengan kemiripan visual [8]. Sementara itu, Hasan et al. menggabungkan segmentasi warna LAB, ekstraksi fitur menggunakan VGG16, dan klasifikasi berbasis CNN dalam deteksi penyakit daun anggur, menghasilkan akurasi hingga 97,25% [9].

Di sebagian besar studi terdahulu lebih berfokus pada pemanfaatan model *pre-trained* dan dataset publik, tanpa melanjutkan ke tahap pengembangan aplikasi nyata di lapangan [10][11][12][13].

Oleh karena itu, diperlukan sistem klasifikasi penyakit daun singkong berbasis citra digital yang tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga diwujudkan dalam bentuk aplikasi yang aplikatif dan mudah digunakan oleh petani secara langsung di lapangan untuk mempercepat proses identifikasi penyakit secara mandiri..

CNN bekerja dengan menyusun sejumlah lapisan konvolusional untuk mengekstraksi fitur dari citra input secara hierarkis, diikuti oleh proses klasifikasi melalui lapisan terhubung [14]. Arsitektur VGG16 merupakan arsitektur CNN yang terdiri dari beberapa lapisan konvolusi dan *fully connected* yang berfungsi untuk mengekstraksi dan mengklasifikasi fitur dari citra berukuran 224x224 piksel RGB [15]. Dalam proses pengembangan sistem klasifikasi citra seperti ini, CRISP-DM memberikan alur

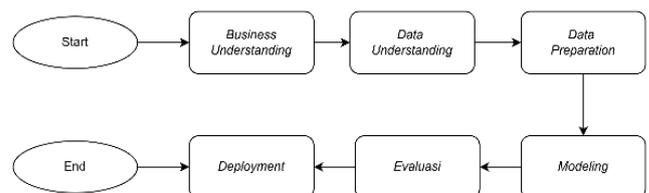
kerja sistematis mulai dari pemahaman bisnis, pemahaman data, persiapan data, pemodelan, evaluasi, hingga implementasi sistem [16].

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah belum tersedianya sistem klasifikasi penyakit daun singkong yang dapat digunakan secara praktis oleh petani untuk mengidentifikasi jenis penyakit secara cepat dan tepat. Pengamatan manual yang masih umum digunakan sering kali menimbulkan ketidaktepatan dalam diagnosa penyakit tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun sistem klasifikasi penyakit daun singkong menggunakan arsitektur CNN VGG16 dan mengimplementasikan dalam bentuk aplikasi. Sistem ini dirancang untuk mengenali lima kategori utama, yaitu *Cassava Bacterial Blight*, *Cassava Mosaic Disease*, *Cassava Green Mite*, *Cassava Brown Spot*, dan kondisi *Healthy*.

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada identifikasi penyakit berdasarkan citra visual daun singkong dalam lima kategori tersebut, tanpa mempertimbangkan pengaruh variabel eksternal seperti iklim, jenis tanah, atau metode budidaya lainnya. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem yang dikembangkan dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi petani maupun penyuluh pertanian dalam melakukan identifikasi dini terhadap penyakit daun singkong, sehingga pengambilan tindakan preventif atau kuratif dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan CRISP-DM sebagai metodologi penelitian dalam pembuatan sistem klasifikasi penyakit daun singkong. Alur metodologi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metodologi CRISP-DM yang digunakan dalam penelitian ini

Sebelum memasuki tahapan utama dalam proses pembuatan sistem, penelitian ini diawali dengan kegiatan pengumpulan data dan telaah terhadap berbagai studi terdahulu yang relevan.

2.1 Business Understanding

Tahap ini berfokus pada identifikasi konteks permasalahan dan urgensi pembuatan sistem deteksi penyakit daun singkong secara otomatis berbasis citra digital. Permasalahan utama yang diangkat adalah kesulitan petani dalam mengenali jenis penyakit pada tanaman singkong secara manual, yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan teknis serta minimnya akses terhadap tenaga ahli.

2.2 Data Understanding

Pada tahap ini bertujuan untuk memahami struktur dan karakteristik dataset yang digunakan dalam proses pelatihan model. Dataset diperoleh dari platform *Kaggle* dan diunduh melalui API ke dalam *Google Colab* untuk mendukung efisiensi pengolahan data. Dataset terdiri atas 7.508 citra digital berwarna (RGB) yang terbagi ke dalam lima kategori, yaitu *Cassava Bacterial Blight* (2.614 citra), *Cassava Brown Spot* (1.481 citra), *Cassava Green Mite* (1.015 citra), *Cassava Mosaic* (1.205 citra), dan *Cassava Healthy* (1.193 citra). Struktur dataset tersusun dalam direktori yang dikelompokkan berdasarkan label kelas, sehingga memudahkan proses identifikasi dan klasifikasi selama tahap pemodelan. Contoh citra dari setiap kategori ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Visualisasi Contoh Kelas Citra Daun Singkong

2.3 Data Preparation

Tahapan ini bertujuan untuk menyiapkan data agar memenuhi kriteria yang dibutuhkan dalam proses pelatihan model. Tiga langkah utama dilakukan, yaitu:

1. Persiapan Data

Dataset dibagi menjadi tiga *subset*, yakni data latih (80%), data validasi (10%), dan data uji (10%). Strategi ini bertujuan untuk melatih model secara optimal, melakukan validasi selama proses pelatihan, serta menguji performa model terhadap data yang belum pernah dikenali sebelumnya.

2. Augmentasi Data

Untuk meningkatkan variasi dan jumlah data latih, dilakukan augmentasi citra melalui berbagai transformasi seperti *rotasi*, *translasi*, *shear*, *zoom*, dan pembalikan *horizontal* hingga 20%. Tujuan dari proses ini adalah memperluas distribusi data sehingga model dapat melakukan generalisasi dengan lebih baik terhadap data baru.

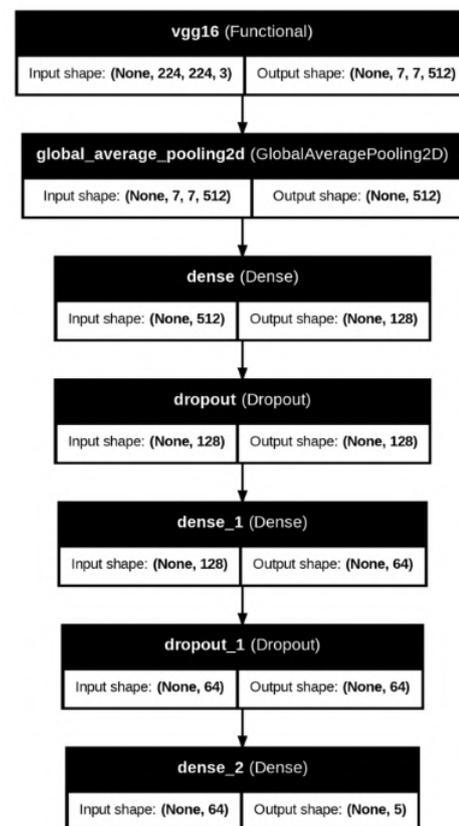
3. Penyesuaian Ukuran Citra

Seluruh citra diubah ukurannya menjadi 224x224 piksel agar sesuai dengan kebutuhan input arsitektur CNN yang digunakan, khususnya VGG16. Penyeragaman ini juga

bertujuan untuk menjaga konsistensi dimensi dan efisiensi proses komputasi selama pelatihan.

2.4 Modeling

Proses pemodelan sistem klasifikasi citra daun singkong dalam penelitian ini dilakukan dengan menerapkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). Seluruh proses pelatihan dan evaluasi dilakukan menggunakan platform *Google Colab* dengan dukungan pustaka TensorFlow dan Keras berbasis bahasa pemrograman *Python*, yang memungkinkan komputasi GPU untuk mempercepat proses *training*. Arsitektur VGG16 diadopsi sebagai model dasar untuk mengekstraksi fitur visual dari citra. Struktur model ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Arsitektur VGG16

2.5 Evaluasi

Dilakukan untuk mengukur kinerja model klasifikasi yang telah dibangun. Beberapa metrik evaluasi digunakan, meliputi *confusion matrix*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, guna memberikan gambaran menyeluruh terhadap tingkat akurasi, sensitivitas, dan keseimbangan performa model dalam mengklasifikasikan berbagai kategori penyakit daun singkong.

a. Confusion Matrix

Merupakan *matriks* kontingensi yang merepresentasikan keluaran klasifikasi model secara kuantitatif terhadap kondisi riil objek uji, dalam hal ini

citra daun singkong. *Matriks* ini terdiri atas empat parameter utama sebagai berikut:

True Positive (TP): Citra daun singkong yang memang terindikasi penyakit dan diklasifikasikan secara tepat sebagai positif.

True Negative (TN): Citra daun yang sehat dan dikenali secara akurat oleh sistem sebagai negatif (tidak terinfeksi).

False Positive (FP): Citra daun yang secara aktual tidak menunjukkan gejala penyakit, namun sistem secara keliru menandainya sebagai positif.

False Negative (FN): Citra daun yang mengandung penyakit tetapi gagal dikenali oleh sistem sehingga diklasifikasikan sebagai sehat.

b. Precision

Mencerminkan proporsi prediksi positif yang bersifat akurat atau relevan, dihitung dengan membandingkan jumlah kasus positif yang tepat dengan total prediksi positif yang dihasilkan.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

c. Recall

Menggambarkan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi seluruh entitas yang benar-benar positif, khususnya pada konteks klasifikasi penyakit.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

d. F1-Score

Merupakan ukuran harmonik rata-rata antara *precision* dan *recall*, yang berperan penting ketika keseimbangan antara keduanya dibutuhkan dalam konteks diagnosis citra.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

2.6 Deployment

Tahap implementasi menandai fase akhir dalam proses pembangunan sistem, di mana model yang telah dilatih dan dievaluasi diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis Android melalui konversi ke format *TensorFlow Lite*. Aplikasi ini memungkinkan pengguna melakukan klasifikasi dengan mengunggah atau mengambil gambar daun secara langsung melalui kamera dan galeri di perangkat. Hasil klasifikasi disajikan dalam bentuk label nama penyakit yang terdeteksi beserta deskripsi informatif, sehingga siap dimanfaatkan secara praktis oleh pengguna, khususnya petani atau pelaku pertanian dalam kegiatan identifikasi penyakit daun singkong secara cepat dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Eksperimen

Implementasi arsitektur VGG16 dalam CNN pada penelitian ini menghasilkan beberapa *output* yang dapat dilihat dan dievaluasi sebagaimana Gambar 4 dan Gambar 5 berikut:

1. Eksplorasi Akurasi Model



Gambar 4. Tren Akurasi pada Proses Pembelajaran

Pada Gambar 4 tampak tren peningkatan signifikan dalam tingkat akurasi pada data pelatihan maupun data validasi selama 50 *epoch*. Terjadi percepatan perbaikan di awal pelatihan, kemudian melandai mendekati nilai maksimum. Fakta bahwa kurva validasi stabil di atas kurva pelatihan mengindikasikan kemampuan model dalam mengenali pola baru tanpa menunjukkan tanda-tanda *overfitting*.

2. Penelusuran Loss Model



Gambar 5. Evaluasi Nilai Loss pada Tahap Pelatihan

Sesuai dengan Gambar 5, nilai *loss* pada kedua data menunjukkan penurunan yang konsisten sepanjang pelatihan. Penurunan yang cepat di fase awal berlanjut menuju kestabilan, dengan *loss* validasi tetap berada di bawah *loss* pelatihan, tanda bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik tanpa cenderung *overfitting* ataupun *underfitting*.

3. Metrik Evaluasi Berdasarkan Kategori

```

=== Classification Report ===
              precision    recall  f1-score   support

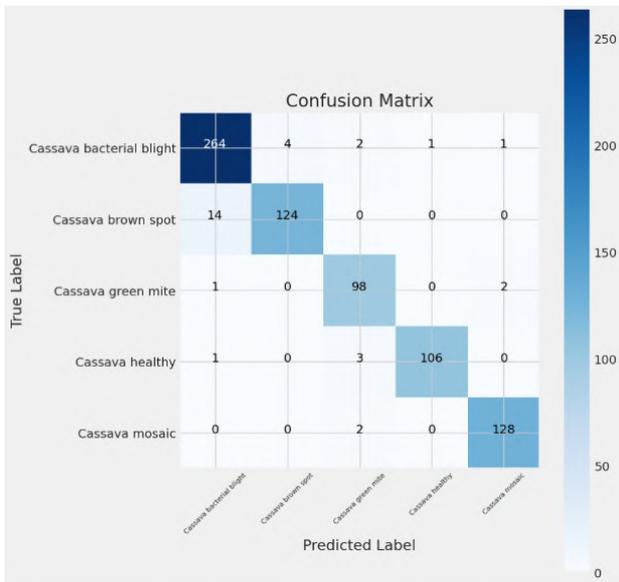
Cassava bacterial blight    0.94    0.97    0.96     272
Cassava brown spot         0.97    0.90    0.93     138
Cassava green mite         0.93    0.97    0.95     101
Cassava healthy            0.99    0.96    0.98     110
Cassava mosaic             0.98    0.98    0.98     130

   accuracy                   0.96     751
  macro avg                   0.96     751
 weighted avg                  0.96     751
    
```

Gambar 6. Pemetaan Kuantitatif Presisi, Recall dan F1-score

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 6, model mencapai akurasi keseluruhan sebesar 96%. Metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score* pada masing-masing kelas berada dalam kisaran 0,93–0,98. Kelas “*Cassava Healthy*” serta “*Cassava Mosaic*” menunjukkan performa paling unggul, sedangkan kelas “*Cassava Brown Spot*” memperoleh nilai *recall* terendah. Keseimbangan nilai rata-rata makro dan tertimbang, keduanya 0,96, mengindikasikan distribusi performa yang merata antar kelas.

4. Analisis Matriks Klasifikasi Daun Singkong



Gambar 7. Confusion Matrix

Visualisasi *confusion matrix* pada Gambar 7 memperlihatkan bahwa model cenderung mengelompokkan data secara akurat, ditunjukkan oleh dominasi nilai tinggi pada diagonal utama. Prediksi benar paling menonjol terdapat pada kelas *Cassava bacterial blight* (264 data), *Cassava mosaic* (128 data), dan *Cassava healthy* (106 data). Meskipun demikian, masih terdapat pergeseran klasifikasi, terutama pada kelas *Cassava brown spot* yang sejumlah 14 data dikenali sebagai *Cassava bacterial blight*. Namun, penyebaran kesalahan bersifat minor dan tidak terpusat pada satu pola tertentu. Secara keseluruhan, persebaran nilai dalam matriks menunjukkan bahwa model memiliki respons yang stabil dalam membedakan kelima kelas, tanpa menunjukkan kecenderungan bias signifikan terhadap salah satu kategori.

5. Penerapan Aplikasi



Gambar 8. Tampilan Halaman Utama Aplikasi

Pada Gambar 8 merupakan tampilan halaman utama aplikasi yang terdapat beberapa jenis penyakit daun singkong yang bisa diakses. Serta menu info aplikasi dan menu untuk memulai deteksi penyakit daun singkong.



Gambar 9. Tampilan Halaman Deteksi Penyakit

Pada Gambar 9 merupakan tampilan halaman deteksi, di mana pengguna dapat mengambil gambar dari galeri atau kamera untuk dilakukan klasifikasi penyakit daun singkong. Setelah gambar dipilih, aplikasi akan mendeteksi penyakit daun tersebut serta akan menampilkan hasil klasifikasi berupa penyakit daun singkong, hasil akurasi dan detail penyakit untuk mengetahui lebih lanjut mengenai penyakit tersebut.



Gambar 10. Tampilan Halaman Detail Penyakit

Pada Gambar 10 merupakan tampilan halaman detail penyakit berupa penjelasan, gejala, dan penanganan.

Pada hasil penerapan aplikasi memperlihatkan antarmuka utama layar hasil deteksi serta detail penyakit pada aplikasi Android. Aplikasi ini mengintegrasikan model VGG16 yang sudah diubah ke format *TensorFlow Lite*, sehingga pengguna dapat langsung mengunggah atau memotret daun singkong, lalu mendapatkan prediksi secara instan dan pengguna bisa melihat penjelasan penyakit secara informatif.

3.2 Pembahasan

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa arsitektur VGG16 memberikan performa yang sangat baik dalam klasifikasi penyakit daun singkong. Akurasi keseluruhan sebesar 96%, disertai dengan nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang konsisten pada rentang 0,93-0,98, menegaskan stabilitas dan akurasi model dalam mengenali pola visual dari berbagai jenis penyakit daun. Kurva akurasi dan *loss* yang stabil serta tidak menunjukkan tanda-tanda *overfitting* menunjukkan bahwa proses pelatihan berlangsung optimal.

Jika dibandingkan dengan penelitian oleh Setyanto dan Ariatanto [7], yang menggunakan *transfer learning* dengan arsitektur *Inception-V3* dan *EfficientNet-B4* dan hanya mencapai akurasi validasi sebesar 72,84%, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan dari awal menggunakan VGG16, dikombinasikan dengan strategi augmentasi data dan penyesuaian *preprocessing*, mampu memberikan hasil yang lebih unggul dan stabil di seluruh kelas.

Selain peningkatan performa model, kontribusi penting dari penelitian ini terletak pada implementasi praktisnya. Berbeda dengan sebagian besar penelitian terdahulu yang

hanya fokus pada tahap pengembangan model dan pengujian terbatas, penelitian ini mengintegrasikan model klasifikasi ke dalam sebuah aplikasi Android yang dapat digunakan secara langsung di lapangan. Aplikasi tersebut memanfaatkan format *TensorFlow Lite*, sehingga dapat berjalan secara lokal tanpa memerlukan koneksi internet maupun perangkat keras khusus.

Kebermanfaatan ini sangat signifikan, terutama bagi petani di wilayah terpencil yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi dan tenaga ahli. Dengan bantuan aplikasi ini, petani dapat melakukan identifikasi penyakit secara mandiri hanya melalui pengambilan gambar daun menggunakan kamera *smartphone*. Hal ini tidak hanya meningkatkan kecepatan dalam diagnosis, tetapi juga memungkinkan tindakan pengendalian dilakukan lebih awal, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman singkong.

4. KESIMPULAN

Implementasi arsitektur VGG16 dalam klasifikasi penyakit daun singkong menghasilkan performa yang stabil dan efektif. Konsistensi grafik akurasi dan *loss* selama 50 *epoch* mengindikasikan proses pembelajaran yang optimal tanpa kebocoran data atau ketidakmampuan memahami pola. Analisis kuantitatif mengungkap akurasi tinggi (96%) dan metrik pendukung (*precision*, *recall*, *F1-score*) yang kuat dan seragam di semua kelas. *Matriks* klasifikasi mempertegas keandalan model dalam mengenali kategori-aplikasi yang benar, dengan kesalahan minimal. Keberhasilan model dalam bentuk aplikasi menunjukkan relevansi praktis dan kesiapan untuk implementasi lapangan, membuka jalan bagi solusi diagnostik *mobile* yang dapat digunakan petani secara langsung. Untuk penelitian selanjutnya, pengembangan dapat diarahkan pada klasifikasi gejala multipenyakit, deteksi otomatis tingkat keparahan, serta integrasi sistem pemantauan berbasis *cloud* guna mendukung pengambilan keputusan kolektif oleh penyuluh pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fahrezantara, S. Rizal, N. Kumalasari, and C. Pratiwi, "Pemanfaatan *Convolutional Neural Network* Dalam Klasifikasi Penyakit Tanaman Singkong Menggunakan Arsitektur Densenet Use Of *Convolutional Neural Networks* On Classifying Cassava Diseases With Densenet Architecture," 2022.
- [2] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, "Buku Statistik Penunjang Data Ekonomi Pertanian, 2023 Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian," 2023.
- [3] H. R. Ayu, A. Surtono, and D. K. Apriyanto, "Deep learning for detection cassava leaf disease," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jan. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1751/1/012072.

- [4] J. Tandean, R. Indrawan, I. Intan, and S. Arifin Ramadhani, "Pengaruh Penerapan Stochastic Gradient Descent Dan Adam Optimizer Pada Hyperparameter Tuning Untuk Klasifikasi Penyakit Tanaman Ubi Kayu," 2023.
- [5] A. Tsany and R. Dzaky, "Deteksi Penyakit Tanaman Cabai Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*," 2021.
- [6] N. B. Pamungkas and A. Suhendar, "Penerapan Metode *Convolutional Neural Network* pada Sistem Klasifikasi Penyakit Tanaman Apel berdasarkan Citra Daun," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 675–684, Dec. 2024, doi: 10.29408/edumatic.v8i2.27958.
- [7] T. Anton, A. Setyanto, and D. Ariatmanto, "Penerapan Transfer Learning dengan Inception-V3 Dan Efficientnet-B4 Pada Studi Kasus Klasifikasi Penyakit Pada Daun Singkong," 2024. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/gauravduttakiit/cassava-leaf-disease-classification>.
- [8] R. Maulana, R. D. Z. Putri, T. A. Amelia, H. Syahputra, and F. Ramadhani, "Identifikasi Jenis Rempah-Rempah Indonesia dengan *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan Arsitektur VGG16," *JATI*, vol. 8, no. 4, pp. 6034–6039, 2024.
- [9] M. A. Hasan, Y. Riyanto, and D. Riana, "Klasifikasi Penyakit Citra Daun Anggur Menggunakan Model CNN-VGG16," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 9, no. 4, pp. 218–223, Oct. 2021, doi: 10.14710/jtsiskom.2021.14013.
- [10] F. A. Arafat, M. N. Ichsan, and M. F. Pramoedya, "Pemanfaatan Arsitektur MOBILENET-CNN Untuk Mendiagnosis Penyakit Pada Daun Singkong Melalui Teknologi Citra Digital," *Stains*, vol. 4, no. 1, pp. 73–78, 2025.
- [11] G. A. Pratama, E. Y. Puspaningrum, and H. Maulana, "*Convolutional Neural Network* dan faster region *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi kualitas biji kopi arabika," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4887.
- [12] M. D. Pratama, R. Gustriansyah, and E. Purnamasari, "Klasifikasi Penyakit Daun Pisang Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN)," 2024.
- [13] E. L. I. P. Sari, "Revitalizing Strawberry Leaves: Developing a Tipburn and Leaf Spot Disease Detection System Through Convolution Analysis Using CNN Method," *JIMPS: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*, vol. 8, no. 3, pp. 1468–1474, 2023, doi: 10.24815/jimps.v8i3.25210.
- [14] I. N. Husna, M. Ulum, A. K. Saputro, Haryanto, D. T. Laksono, and D. N. Purnamasari, "Rancang Bangun Sistem Deteksi dan Perhitungan Jumlah Orang Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)," *Seminar Nasional Fortei Regional*, vol. 5, 2022.
- [15] A. Z. Noorizki and W. I. Kusumawati, "Perbandingan Performa Algoritma VGG16 Dan VGG19 Melalui Metode CNN Untuk Klasifikasi Varietas Beras," *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, vol. 4, no. 2, Dec. 2023, doi: 10.52435/complete.v4i2.387.
- [16] Y. Yudiana, A. Y. Agustina, and dan N. Khofifah, "Prediksi Customer Churn Menggunakan Metode CRISP-DM Pada Industri Telekomunikasi Sebagai Implementasi Mempertahankan Pelanggan," 2023. [Online]. Available: <http://ejournal.lp2m.uinjambi.ac.id/ojp/index.php/ijoeib>



SISTEM PENILAIAN KINERJA UNTUK PENGEMBANGAN SDM PADA PT SIT GLOBAL SYSTEMS DENGAN METODE AHP

Anjani Setiawati¹, Alusyanti Primawati², Tri Yani Akhirina³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI
Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia 13760

anjanisetiawati32@gmail.com, alus.unindra23@gmail.com, azizahputriku@gmail.com

Abstract

An objective and structured employee performance assessment is critical in supporting human resource (HR) development in the company. This study aims to design a decision support system (DSS) with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to assist PT SIT Global Systems in conducting comprehensive employee performance assessments. The AHP method was chosen because it produces consistent calculations based on the weighting of predetermined criteria and sub-criteria, thereby reducing subjectivity in the assessment process. This system is built using the NetBeans application with the Java programming language and uses MySQL as a database to manage and store all employee assessment data. This application allows users to manage employee data, calculate employee final grades, and generate assessment reports. With this system, the assessment result can be used as a basis for decision-making related to further HR development. This system is expected to support management in improving the company's HR performance.

Keywords: AHP method, Decision support system, employee performance assessment, HR development, Java NetBeans

Abstrak

Penilaian kinerja karyawan yang objektif dan terstruktur sangat penting dalam mendukung pengembangan sumber daya manusia (SDM) di perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penunjang keputusan (SPK) dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) guna membantu PT SIT Global Systems dalam melakukan penilaian kinerja karyawan secara menyeluruh. Metode AHP dipilih karena mampu menghasilkan perhitungan yang konsisten berdasarkan pembobotan kriteria dan subkriteria yang telah ditentukan, sehingga dapat mengurangi subjektivitas dalam proses penilaian. Sistem ini dibangun menggunakan aplikasi NetBeans dengan bahasa pemrograman Java, serta menggunakan MySQL sebagai basis data untuk mengelola dan menyimpan seluruh data penilaian karyawan. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengelola data karyawan, menghitung nilai akhir karyawan, dan menghasilkan laporan penilaian. Dengan sistem ini, proses penilaian dapat dilakukan secara lebih efisien, transparan, dan terdokumentasi dengan baik. Hasil penilaian dapat dijadikan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait pengembangan SDM lebih lanjut. Sistem ini diharapkan mampu mendukung manajemen dalam meningkatkan kinerja SDM perusahaan.

Kata kunci: Java Netbeans, metode AHP, pengembangan SDM, penilaian kinerja karyawan, Sistem penunjang keputusan

1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, industri jasa khususnya di bidang teknologi informasi, mengalami pertumbuhan yang signifikan [1]. Hal ini sejalan dengan meningkatnya pemahaman perusahaan mengenai pentingnya produktivitas dan efisiensi kerja karyawan. Seiring dengan perkembangan industri ini, perusahaan harus memastikan bahwasanya pegawai dapat bekerja secara optimal [2]. Oleh karena itu, selain menawarkan berbagai layanan berbasis teknologi, perusahaan juga harus memiliki karyawan yang berkualitas dan kompeten agar dapat memberikan hasil kerja terbaik.

Pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) yaitu suatu kunci utama dalam menciptakan peningkatan daya saing perusahaan [3]. Terdapat suatu usaha yang bisa dilaksanakan dalam meraih tujuan itu ialah lewat penilaian kinerja karyawan. Penilaian pada aspek kinerja karyawan memiliki peran penting pada pengelolaan SDM, karena dapat mengukur kontribusi dan efektivitas karyawan dalam mencapai tujuan perusahaan, penilaian yang baik dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi potensi serta hal-hal yang perlu ditingkatkan oleh karyawan, sehingga perusahaan dapat mengambil langkah strategis dalam meningkatkan performa individu maupun tim [4]. Salah satu

perusahaan yang berkomitmen untuk mencapai kinerja terbaik melalui sumber daya manusia yang kompeten adalah PT SIT Global Systems.

PT SIT Global Systems merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengembangan sistem informasi dan teknologi, yang berlokasi di Grand Wijaya Centre Jl. Darmawangsa Raya Blok F41 Lt.3 No, 11 Pulo, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan. Perusahaan ini senantiasa berupaya memberikan layanan teknologi terbaik melalui karyawan yang berkualitas dan kompeten.

Namun, hingga saat ini, PT SIT Global Systems belum memiliki sistem penilaian kinerja karyawan yang formal dan terstruktur. Penilaian kinerja masih dilakukan secara subjektif tanpa adanya tolak ukur yang jelas, sehingga sulit menilai kualitas kerja karyawan secara objektif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, PT SIT Global Systems perlu memiliki sistem terkomputerisasi yang dapat membantu menentukan penilaian kinerja karyawan secara optimal. Maka dari itu, penulis memberikan solusi untuk membuat "Sistem Penunjang Keputusan Pengembangan SDM Melalui Penilaian Kinerja Karyawan pada PT SIT Global Systems dengan Metode AHP".

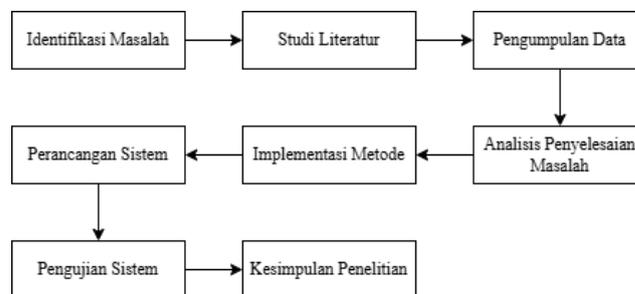
Sistem ini akan menilai kinerja karyawan melalui penerapan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), berdasarkan pembobotan terhadap kriteria dan subkriteria, serta menghasilkan alternatif hasil penilaian kinerja yang lebih objektif. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi penilaian dan mendukung proses pengambilan keputusan yang cepat dan terukur, serta menjadi dasar yang kuat dalam penyusunan strategi pengembangan SDM di masa mendatang.

Penelitian ini mengacu pada studi-studi sebelumnya yang membahas empat kriteria utama dalam penilaian kinerja karyawan, yaitu kualitas kerja, produktivitas, kedisiplinan, dan kerja sama tim. Pemilihan kriteria ini didasarkan pada temuan empiris dari berbagai penelitian yang menunjukkan kontribusi signifikan dari masing-masing aspek, seperti kualitas kerja oleh Darmawan dan Purwaningsih dengan bobot 0,30 dalam penelitian mengenai Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan dengan Metode *Simple Additive Weighting* pada PT Anggada Perkasa Teknik [5]. Produktivitas oleh Amida Kristiana dengan bobot 0,30 dalam Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Pegawai menggunakan Metode TOPSIS [6], serta oleh Sudarmanto, dkk., dengan bobot 0,32 untuk studi penggunaan metode SAW dan AHP dalam penilaian kinerja pegawai untuk pemberian penghargaan [7]. Kedisiplinan oleh Maulida, dkk., dengan bobot 0,30 dalam studi kasus pada PT Tripa Multi Mandiri [8] dan oleh Sokibi & Setiawan dalam sistem pendukung keputusan penilaian kinerja di PT Harjamukti Jaya Mandiri [9]. Kerja sama tim oleh Lesly dan Nasien dengan bobot 0,28 dalam penelitian mengenai penerapan metode AHP dan MOORA untuk penilaian kinerja karyawan [10]. Berdasarkan relevansi

temuan-temuan tersebut dan kebutuhan perusahaan, keempat kriteria ini dijadikan dasar dalam merancang sistem pendukung keputusan untuk penilaian kinerja karyawan di PT SIT Global Systems.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal pada proses penelitian ini yaitu identifikasi masalah [11]. Tahapan identifikasi masalah yang ditemukan di PT SIT Global Systems berkaitan dengan pengembangan SDM melalui penilaian kinerja karyawan, yaitu belum memiliki sistem penilaian kinerja yang formal dan terstruktur. Selain itu, belum tersedia sistem terkomputerisasi yang dapat mendukung proses penilaian kinerja karyawan secara efektif dan efisien.

2.2 Studi Literatur

Pada penelitian terkait, studi literatur ini menghasilkan informasi seperti penggunaan metode AHP untuk proses pemecahan masalah, UML sebagai pemodelan perangkat lunak, dan berbagai referensi penelitian terdahulu yang sama dengan penelitian ini.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan melalui beberapa metode, pertama yaitu melakukan studi kepustakaan dari jurnal *online*, buku-buku elektronik, dan hasil penelitian relevan dengan penelitian penulis [12]. Kedua adalah dengan melakukan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

2.3.1 Observasi

Penulis melakukan pengamatan secara langsung ke tempat penelitian. Dalam Penelitian ini, penulis melakukan pengamatan sistem penilaian kinerja karyawan pada PT SIT Global Systems.

2.3.2 Wawancara

Wawancara dilakukan oleh penulis dengan menyampaikan pertanyaan kepada narasumber. Penulis melakukan tanya jawab dengan Bapak M. Deni Daniswara selaku COO/CFO PT SIT Global Systems.

2.4 Analisis Penyelesaian Masalah

Penilaian kinerja masih dilakukan secara subjektif tanpa adanya tolak ukur yang jelas, sehingga menyulitkan proses pengambilan keputusan untuk dasar pengembangan SDM secara objektif. Disebabkan hal tersebut, dibutuhkan sistem penunjang keputusan menggunakan metode AHP agar dapat melakukan penilaian kinerja karyawan guna mengatasi permasalahan tersebut.

2.5 Implementasi Metode

Penerapan AHP pada sistem penunjang keputusan ini bertujuan untuk membantu PT SIT Global Systems dalam melakukan penilaian kinerja karyawan secara objektif. Langkah-langkah penyelesaian masalah pada penelitian ini menggunakan algoritma AHP [13] bisa ditinjau melalui Gambar 2 yaitu berupa:



Gambar 2. Flowchart Algoritma AHP

2.6 Perancangan Sistem

Tahapan ini mencakup perancangan sistem, khususnya perancangan basis data yang dibuat dengan menggunakan MySQL, merancang alur kerja sistem menggunakan UML, dan merancang antar muka pengguna sistem [14].

2.7 Pengujian Sistem

Di dalam tahap ini, uji sistem dilakukan oleh penulis menggunakan teknik *black box* dengan tujuan agar dapat memastikan bahwasanya pada sistem yang dilakukan pengembangan berfungsi berdasarkan pada spesifikasi beserta harapan yang sudah ditentukan [15].

2.8 Kesimpulan Penelitian

Penulis dapat menyimpulkan bahwa hasil penelitian dalam melakukan penilaian kinerja karyawan sebagai dasar pengembangan SDM menggunakan metode AHP pada PT SIT Global Systems ini dapat menyelesaikan permasalahan yang ada yaitu dapat membantu dalam melakukan penilaian kinerja yang objektif dan sistematis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

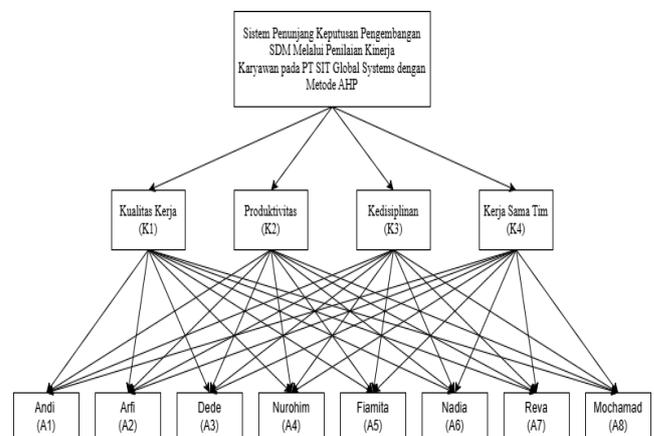
3.1 Definisi Masalah dan Penyelesaian

Masalah utama yang dihadapi adalah kurangnya alat penilaian yang dapat memberikan hasil yang objektif dan akurat, yang sangat penting untuk pengambilan keputusan sebagai dasar dalam pengembangan SDM. Berdasarkan masalah yang dihadapi oleh PT SIT Global Systems, dibutuhkan sebuah metode dan sistem penilaian yang dapat mempermudah proses penilaian kinerja karyawan secara objektif dan terstruktur, yaitu sebuah SPK yang dapat memberikan keputusan berdasarkan analisis AHP.

3.2 Pembahasan Algoritma

3.2.1 Hierarki Penelitian

Hierarki penelitian dibuat sesuai kriteria yang ditentukan sebagai bahan pertimbangan dalam penilaian kinerja karyawan, selanjutnya yang ditampilkan di dalam Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Hierarki

3.2.2 Kriteria dan Sub Kriteria

Terdapat data kriteria dan data sub kriteria dalam penilaian kinerja karyawan pada PT SIT Global Systems yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut:

Tabel 1. Data Kriteria

Kode Kriteria	Kriteria
K1	Kualitas Kerja
K2	Produktivitas
K3	Kedisiplinan
K4	Kerja Sama Tim

Tabel 2. Data Sub Kriteria

Kode Sub Kriteria	Sub Kriteria
K11	Sangat Berkualitas
K12	Berkualitas
K13	Cukup Berkualitas
K14	Kurang Berkualitas
K21	Sangat Produktif
K22	Produktif
K23	Cukup Produktif
K24	Kurang Produktif
K31	Sangat Disiplin
K32	Disiplin
K33	Cukup Disiplin
K34	Kurang Disiplin
K41	Sangat Baik
K42	Baik
K43	Cukup Baik
K44	Kurang Baik

3.2.3 Alternatif

Perhitungan dalam penilaian kinerja karyawan terdapat alternatif sebanyak 8 karyawan untuk melakukan penilaian kinerja karyawan pada PT SIT Global Systems, seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Alternatif

No	Nama Karyawan
1	Andi
2	Arfi
3	Dede
4	Nurohim
5	Fiamita
6	Nadia
7	Reva
8	Mochamad

3.2.4 Langkah-langkah Penilaian Kinerja Karyawan

a. Menentukan Prioritas Kriteria

Tahap awal dalam proses ini adalah penyusunan matriks perbandingan yang ada di antara kriteria untuk memperoleh bobot prioritas setiap kriterianya, berdasarkan nilai perbandingan yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil atas penilaiannya ditampilkan di dalam Tabel 4 ialah berupa:

Tabel 4. Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria	Kriteria			
	K1	K2	K3	K4
K1	1	3	4	5
K2	0,333	1	3	4
K3	0,25	0,333	1	2
K4	0,20	0,25	0,50	1
Jumlah	1,783	4,583	8,5	12

Tahapan selanjutnya yaitu menghitung bobot prioritas setiap dari kriteria dengan cara melakukan penjumlahan nilai dalam masing-masing baris dalam matriks perbandingan dimana sudah dinormalisasi, kemudian membaginya dengan jumlah total nilai seluruh kriteria. Proses perhitungan ini ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pembobotan Prioritas Kriteria

Kriteria	Jumlah	Prioritas Kriteria
K1	2,104	0,53
K2	1,091	0,27
K3	0,498	0,12
K4	0,309	0,08

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai λ maks dengan cara mengalikan nilai rata-rata bobot prioritas dengan jumlah matriks perbandingan berpasangan, lalu menambahkan hasilnya.

$$0,53 \times 1,783 = 0,945$$

$$0,27 \times 4,583 = 1,237$$

$$0,12 \times 8,5 = 1,02$$

$$0,08 \times 11 = 0,88$$

Sehingga nilai λ maks yang didapat = 4,082

Perhitungan untuk mencari nilai CI dengan nilai *eigen vector* (λ maks = 4,082) dan jumlah kriteria ($n = 4$) adalah:

$$CI = \frac{\lambda \text{ maks} - n}{n - 1} = \frac{4,082 - 4}{4 - 1} = 0,027$$

Untuk menghitung CR, gunakan nilai CI yang sudah diperoleh (0,027) dan nilai IR yang sesuai untuk 4 kriteria, yaitu 0,90.

$$CR = \frac{CI}{IR} = \frac{0,027}{0,90} = 0,03$$

Karena nilai CR $0,03 \leq 0,1$ maka hasil perhitungan dapat dinyatakan benar.

b. Menentukan Prioritas Sub Kriteria

Dalam tahap penentuan prioritas subkriteria, perhitungan dilakukan terhadap masing-masing subkriteria dari seluruh kriteria yang telah ditetapkan. Proses ini mengikuti langkah-langkah perhitungan yang sama dengan tahapan sebelumnya pada penilaian kriteria, sebagaimana disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub Kriteria

Sub Kriteria	Sub Kriteria			
	K11	K12	K13	K14
K11	1	3	4	7
K12	0,333	1	2	5
K13	0,25	0,50	1	3
K14	0,143	0,20	0,333	1
Jumlah	1,783	4,583	8,5	12

Tabel 7. Pembobotan Prioritas Sub Kriteria

Sub Kriteria	Jumlah	Rata-Rata	Prioritas Kriteria
K11	2,201	0,550	1
K12	0,092	0,248	0,45
K13	0,575	0,144	0,26
K14	0,234	0,059	0,11

$$0,550 \times 1,726 = 0,9493$$

$$0,248 \times 4,7 = 1,1656$$

$$0,144 \times 7,333 = 1,0560$$

$$0,059 \times 16 = 0,9440$$

Sehingga nilai λ maks yang didapat = 4,1149

$$CI = \frac{4,1149 - 4}{4 - 1} = 0,0383$$

$$CR = \frac{0,0383}{0,90} = 0,0426$$

Karena nilai CR $0,0426 \leq 0,1$ maka hasil perhitungan dapat dinyatakan benar.

Setelah mengetahui perhitungan nilai bobot dari setiap kriteria dan sub kriteria, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan urutan prioritas dalam penilaian kinerja karyawan yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Akhir

No	Nama Karyawan	Hasil Perhitungan
1	Andi	0,89
2	Dede	0,74

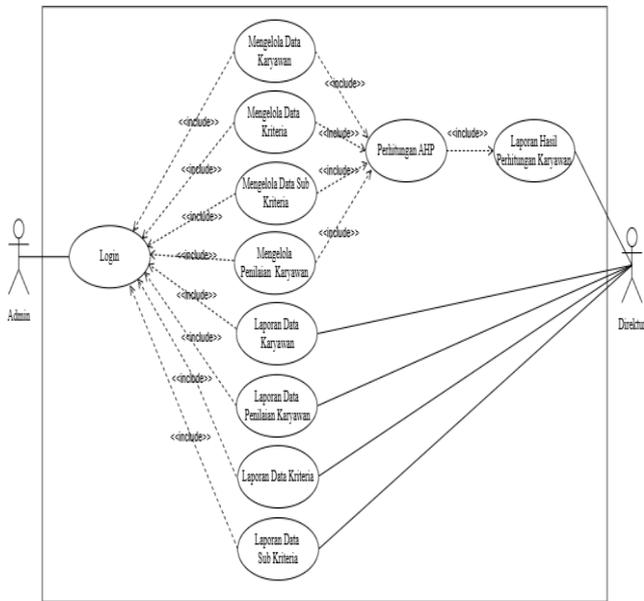
No	Nama Karyawan	Hasil Perhitungan
3	Nurohim	0,56
4	Mochamad	0,45
5	Nadia	0,44
6	Arfi	0,35
7	Reva	0,35
8	Fiamita	0,31

3.3 Pemodelan Perangkat Lunak

3.3.1 Unified Modelling Language (UML)

a. Use Case Diagram

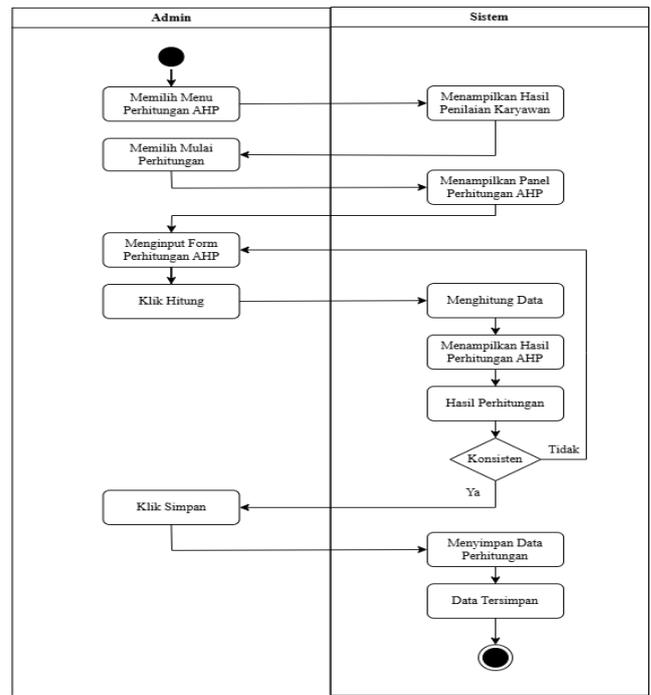
Use case menggambarkan berbagai tugas yang dapat dilakukan oleh admin dalam sistem, bisa ditinjau melalui Gambar 4 yang berupa:



Gambar 4. Use Case Diagram

b. Activity Diagram

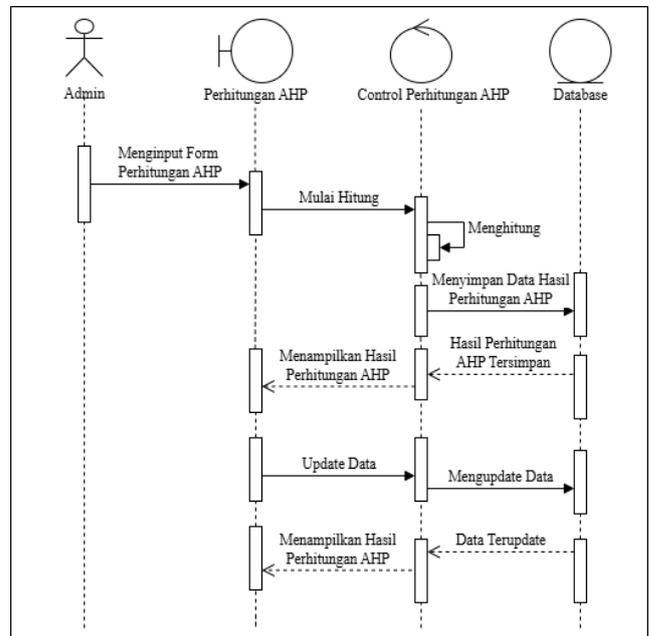
Activity diagram merupakan diagram yang merepresentasikan alur kerja dalam suatu sistem secara sistematis, Gambar 5 di bawah ini menunjukkan activity diagram untuk proses perhitungan AHP.



Gambar 5. Activity Diagram Perhitungan AHP

c. Sequence Diagram

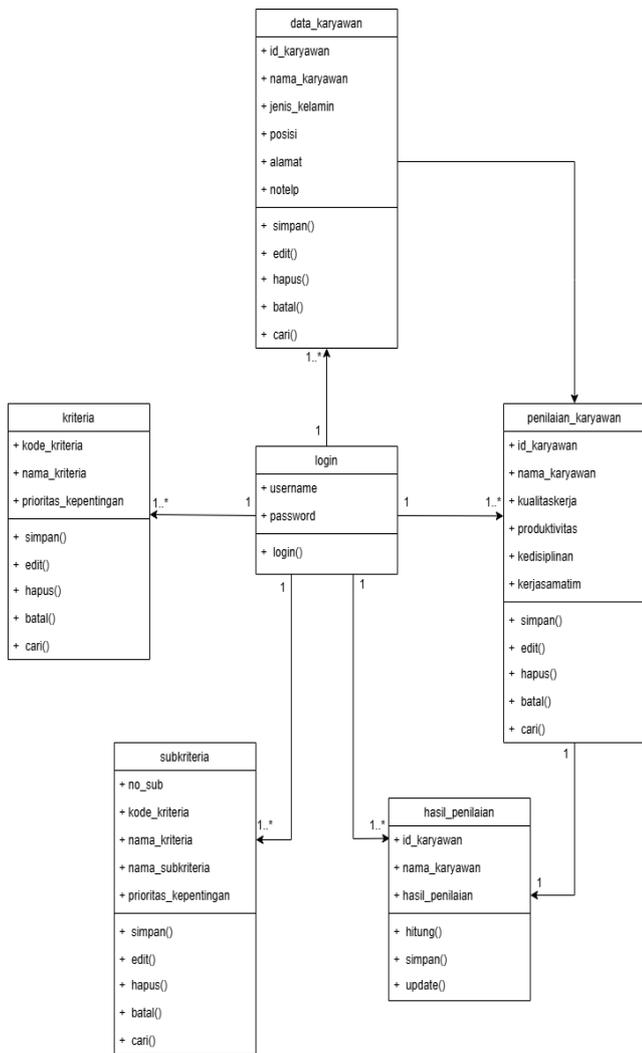
Sequence diagram berfungsi untuk menggambarkan alur interaksi antara objek-objek yang terlibat dalam suatu use case, sequence diagram perhitungan AHP dapat dilihat Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Sequence Diagram Perhitungan AHP

d. Class Diagram

Class diagram merepresentasikan struktur dan hubungan antar kelas serta objek yang terdapat dalam sistem, dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

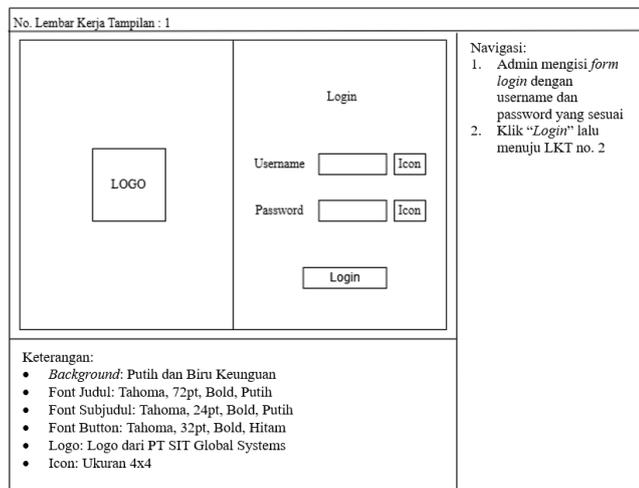


Gambar 7. Class Diagram

3.3.2 Rancangan Layar

a. Rancangan Layar Login

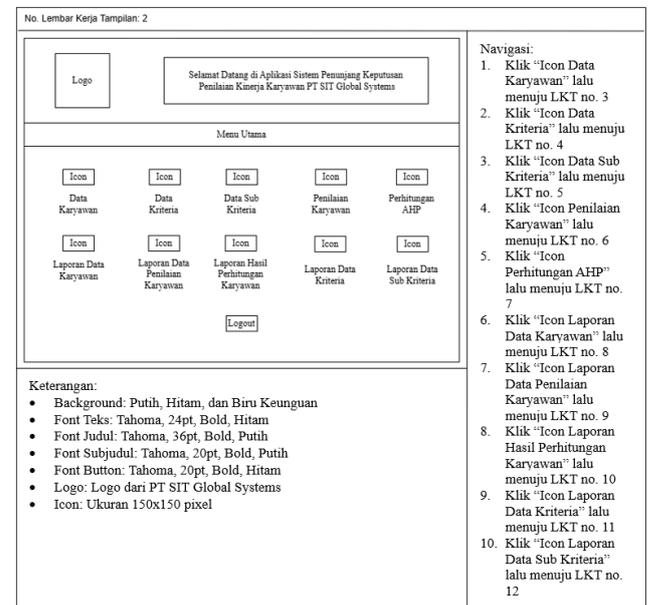
Gambar 8 merupakan rancangan layar login aplikasi, yang terdiri dari form username, password, tombol login, dan logo perusahaan.



Gambar 8. Rancangan Layar Login

b. Rancangan Layar Menu Utama

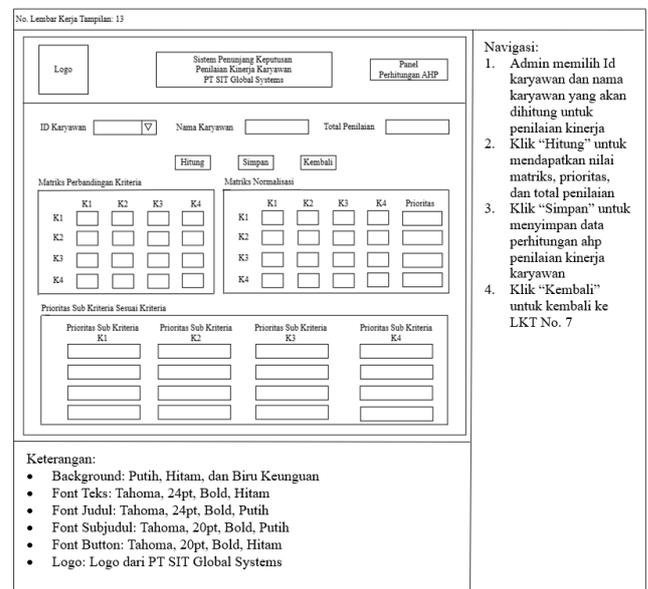
Rancangan layar menu utama dirancang sebagai pusat navigasi dalam sistem penunjang keputusan penilaian kinerja karyawan, ditinjau melalui Gambar 9 yang berupa:



Gambar 9. Rancangan Layar Menu Utama

c. Rancangan Layar Panel Perhitungan AHP

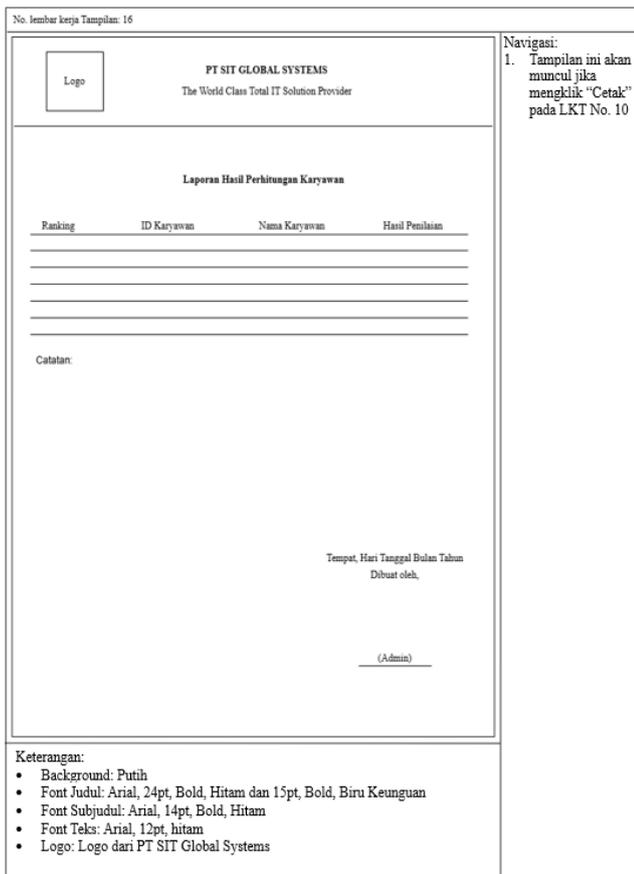
Rancangan layar panel perhitungan AHP pada sistem penunjang keputusan penilaian kinerja karyawan ditinjau melalui Gambar 10 yang berupa:



Gambar 10. Rancangan Layar Panel Perhitungan AHP

d. Rancangan Layar Laporan Hasil Perhitungan Karyawan

Gambar 11 di bawah ini menyajikan rancangan layar laporan hasil perhitungan karyawan.

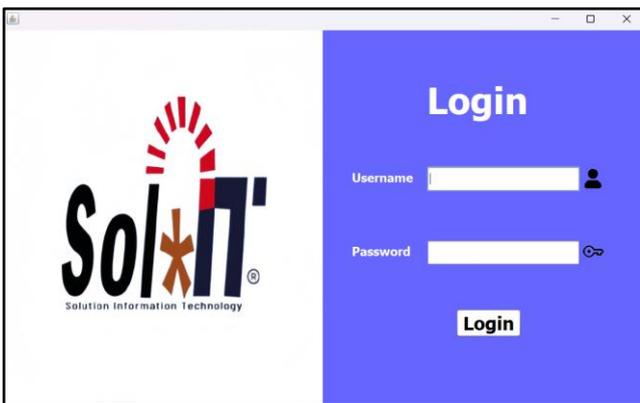


Gambar 11. Rancangan Layar Laporan Hasil Perhitungan Karyawan

3.3.3 Tampilan Layar

a. Tampilan Layar Login

Sebelum menampilkan menu utama, sistem akan menampilkan halaman login sebagai tampilan awal, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Layar Login

b. Tampilan Layar Menu Utama

Menu utama berisi berbagai tombol navigasi yang mewakili fitur-fitur utama dari sistem pendukung keputusan penilaian kinerja karyawan PT SIT Global Systems, seperti fitur data karyawan dan laporan data kriteria, yang disajikan pada Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Tampilan Layar Menu Utama

c. Tampilan Layar Perhitungan AHP

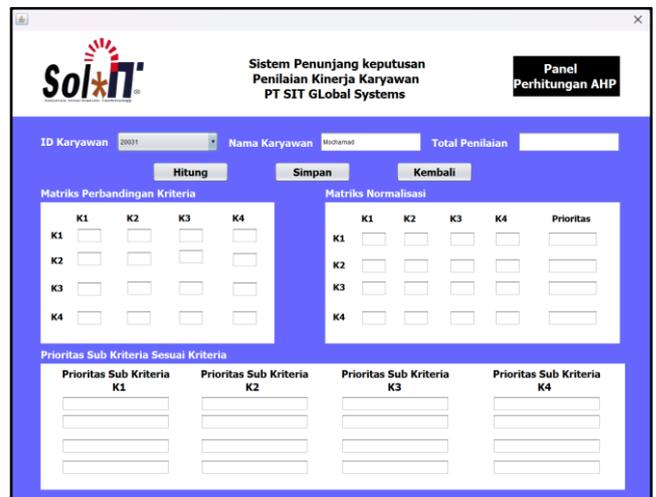
Gambar 14 di bawah ini menampilkan tampilan layar hasil perhitungan bobot alternatif yang sudah ada.



Gambar 14. Tampilan Layar Panel Perhitungan AHP

d. Tampilan Layar Panel Perhitungan AHP

Gambar 15 menunjukkan tampilan panel perhitungan AHP yang digunakan untuk mendapatkan total penilaian. Admin dapat memasukkan Id Karyawan sebelum melakukan proses perhitungan.



Gambar 15. Tampilan Layar Panel Perhitungan AHP

e. Tampilan Layar Laporan Hasil Perhitungan Karyawan

Gambar 16 di bawah ini menunjukkan tampilan laporan hasil perhitungan karyawan berdasarkan metode AHP yang telah dilakukan dalam sistem.

Ranking	ID Karyawan	Nama Karyawan	Hasil Penilaian
1	20236	Andi	0.89
2	22108	Dede	0.74
3	22106	Nurohim	0.56
4	20031	Mochamad	0.45
5	20235	Nadia	0.44
6	20251	Reva	0.35
7	21101	Arfi	0.35
8	20241	Fiamita	0.31

Catatan:
Berdasarkan hasil perhitungan, karyawan dengan skor tertinggi adalah Andi, Dede, dan Nurohim. Ketiganya menjadi prioritas untuk direkomendasikan dalam program pengembangan SDM lebih lanjut

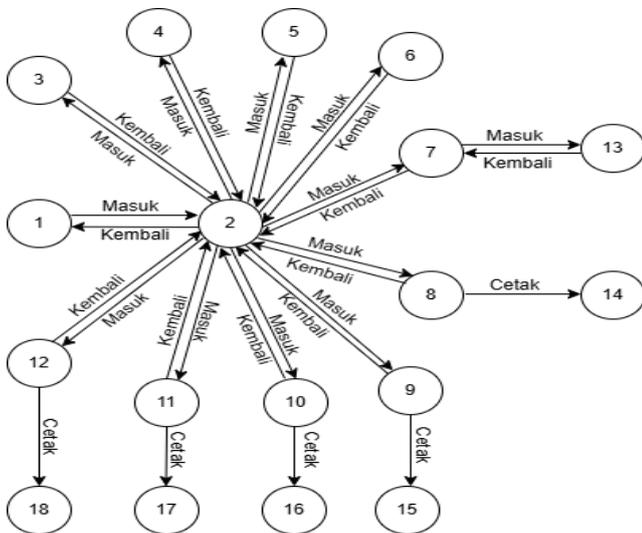
Jakarta, Selasa 27 Mei 2025
Dibuat Oleh,

Admin

Gambar 16. Tampilan Layar Laporan Hasil Perhitungan Karyawan

3.3.4 Jaringan Semantik Tampilan

Pada jaringan semantik tampilan, dijelaskan hubungan antar antarmuka yang menggambarkan bagaimana suatu tampilan dapat berpindah ke tampilan lain melalui interaksi, seperti penekanan tombol atau navigasi tertentu. Jaringan semantik tampilan disajikan pada Gambar 17 di bawah ini.



Gambar 17. Jaringan Semantik Tampilan

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian *Black Box* berikut disajikan berdasarkan implementasi Sistem Penunjang Keputusan Pengembangan SDM melalui Penilaian Kinerja Karyawan pada PT SIT Global Systems dengan Metode AHP, yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Black Box Testing

Fitur Sistem	Skenario Pengujian	Output yang diharapkan	Status
Login Admin	Login dengan Username dan Password Valid	Masuk ke Menu Utama	Sesuai
Input Data Kriteria	Input semua kriteria dengan benar	Kriteria Berhasil disimpan	Sesuai
Input Data Karyawan	Input semua form karyawan dengan benar	Karyawan Berhasil disimpan	Sesuai
Proses Perhitungan AHP	Hitung AHP dengan data valid	Sistem menampilkan total nilai dan urutan ranking	Sesuai
Cetak Laporan	Klik tombol cetak untuk data yang ingin dicetak	Laporan dalam bentuk tabel atau pdf ditampilkan	Sesuai

3.5 Kelebihan dan Kelemahan Penelitian

Penelitian ini memiliki kelebihan dalam penerapan metode AHP yang mempercepat proses penilaian karyawan melalui perhitungan otomatis, penyimpanan data terpusat dan aman, serta penyajian laporan yang dapat dicetak. Sistem juga mendukung pengambilan keputusan berbasis kriteria. Adapun kelemahannya meliputi keterbatasan platform (hanya berjalan di Java NetBeans dan XAMPP), kriteria yang tidak dapat diubah, akses terbatas hanya untuk admin, serta tampilan yang masih sederhana.

4. KESIMPULAN

Merujuk kepada hasil yang didapatkan pada penelitian ini, ditarik kesimpulan bahwasanya Sistem Penunjang Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan di PT SIT Global Systems berhasil dikembangkan menggunakan Java NetBeans dan MySQL dengan metode AHP. Sistem ini mampu melakukan penilaian secara objektif, terstruktur, dan meminimalkan kesalahan perhitungan berdasarkan kriteria yang jelas. Uji *black box* menunjukkan semua fungsi pada sistem berjalan sesuai yang diharapkan. Tetapi, penelitian ini memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut disarankan, seperti penambahan kriteria relevan, pengembangan berbasis *website*,

penyempurnaan tampilan dan fitur analisis, serta eksplorasi metode lain untuk meningkatkan akurasi penilaian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kelancaran penelitian ini. Terima kasih disampaikan kepada PT SIT Global Systems selaku mitra penelitian, serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hilmawan, "Pengaruh Pengetahuan Teknologi Informasi Dalam Perkembangan Bisnis," *Humanities, Management and Science Proceedings*, vol. 3, no. 2, pp. 1496–1503, 2023.
- [2] N. J. Azizah and W. Prahiawan, "Systematic Literature Review: Pengaruh Kompensasi, Lingkungan Kerja, dan Pengawasan Terhadap Kinerja Karyawan," *Journal of Business Technology and Economics*, vol. 1, no. 3, pp. 121–130, 2024.
- [3] A. R. M. Fatah and M. Kuswinaro, "Peran Pengembangan Sumber Daya Manusia Dalam Meningkatkan Daya Saing Organisasi Sebuah Studi Literatur," *Jurnal Media Akademik*, vol. 2, no. 11, pp. 1–13, 2024.
- [4] N. M. Lailil, C. Patrecia, G. V. Ameliya, E. M. Pradita, and W. M. Firmansyah, "Penilaian Kinerja sebagai Alat Pengembangan SDM," *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Manajemen*, vol. 3, no. 1, pp. 374–383, 2025, doi: 10.61722/jaem.v1i4.3450.
- [5] A. Darmawan and E. Purwaningsih, "Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan Dengan Metode Simple Additive Weighting Pada PT. Anggaada Perkasa Teknik," *Informatics For Education And Professionals*, vol. 4, no. 1, pp. 23–32, 2019.
- [6] N. S. Amida and T. Kristiana, "Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Pegawai Dengan Menggunakan Metode Topsis," *Journal Scientific and Applied Informatics*, vol. 2, no. 3, pp. 193–201, 2019.
- [7] Sudarmanto, C. Subiyantoro, Sumiyatun, and E. T. Tarigan, "Penggunaan Metode SAW dan AHP dalam Penilaian Kinerja Pegawai untuk Pemberian Penghargaan," *Jurnal Informatika Komputer, Bisnis dan Manajemen*, vol. 22, no. 3, pp. 54–65, 2024.
- [8] N. Maulida, A. Tanton, and S. Fadli, "Sistem Penunjang Keputusan Evaluasi Kinerja Karyawan Menggunakan Metode Simple Additive Weighting Studi Kasus: PT. Tripa Multi Mandiri," *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 7, no. 4, pp. 12905–12913, 2024.
- [9] P. Sokibi and N. A. Setiawan, "Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan PT Harjamukti Jaya Mandiri Menggunakan Metode Simple Additive Weighting," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 109–118, 2018.
- [10] V. Lesly and D. Nasien, "Sistem Pendukung Keputusan Metode AHP dan Moora Untuk Penilaian Kinerja Karyawan," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 12–17, 2024.
- [11] Q. A. Kurniawan and R. Roestam, "Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada SMKN 1 Muaro Jambi," *Manajemen Sistem Informasi*, vol. 6, no. 4, pp. 600–612, 2021.
- [12] Y. Anis, H. Listiyono, and T. Khristianto, "Analytical Hierarchy Process (AHP) Sebagai Alat Untuk Pengambilan Keputusan (SPK) Seleksi Pemasok Obat-Obatan," *Dinamika Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 92–101, 2015.
- [13] Y. M. Yusuf, J. Karaman, I. Widaningrum, Y. A. Astuti, and Sucipto, "Penggunaan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) Untuk Menentukan Lokasi Wisata," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 263–276, 2023, doi: 10.29407/inotek.v7i1.3434.
- [14] K. Zega and H. Fahmi, "Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Rangka Sekolah Unggulan Kabupaten Nias Dengan Menggunakan Metode AHP," *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 5, pp. 323–330, 2021.
- [15] K. S. Anwar, A. Priyanto, and C. Ramdani, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Objek Wisata Menggunakan Metode AHP," *Jurnal Sains Komputer dan Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 270–279, 2021.



PEMANFAATAN IOT UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA PABRIK PINTAR: TANTANGAN, SOLUSI DAN TREN TEKNOLOGI

Ewin Suciana¹, Muhammad Hudzaifah Nasrullah², Duta Arief Christanto³, Dede Cahyadi⁴, Lilik Tiara Giantri⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Informatika, Universitas Yarsi Pratama

Kabupaten Tangerang, Banten, Indonesia 15720

ewin@yarsipratama.ac.id, hudzaifah@yarsipratama.ac.id, duta@yarsipratama.ac.id, dede@yarsipratama.ac.id,

lilik@yarsipratama.ac.id

Abstract

This study investigates the role of the Internet of Things in enhancing energy efficiency within smart factories by analyzing current trends, driving factors, and challenges. A Systematic Literature Review with the PRISMA framework was employed to ensure systematic and comprehensive selection of studies. The PICO framework guided the formulation of research questions, facilitating rigorous screening of data sourced from the Scopus database with strict inclusion and exclusion criteria. Findings reveal a substantial increase in IoT-related energy efficiency research in smart factories between 2019 and 2025. Key challenges identified include high sensor energy consumption, communication reliability, and network management complexity. Research limitations stem from the exclusive use of the Scopus database and English-language publications. The study highlights the necessity of interdisciplinary approaches and advanced technologies such as 5G and edge computing to address integration and data security issues, thereby supporting the effective and sustainable deployment of IoT in the manufacturing sector.

Keywords: Energy efficiency, IoT, PRISMA framework, SLR, smart factory

Abstrak

Penelitian ini mengkaji peran *Internet of Things* dalam meningkatkan efisiensi energi pada pabrik pintar dengan menganalisis tren, faktor pendorong, dan tantangan terkini. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* dengan kerangka kerja PRISMA untuk memastikan seleksi studi yang sistematis dan terpadu. Penerapan kerangka PICO dalam perumusan pertanyaan penelitian memandu penyaringan data dari *database* Scopus dengan kriteria inklusi dan eksklusi ketat. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan dalam publikasi penelitian IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar selama tahun 2019-2025. Tantangan utama meliputi konsumsi energi sensor yang tinggi, keandalan komunikasi, serta kompleksitas manajemen jaringan. Keterbatasan penelitian terkait penggunaan sumber data yang terbatas pada *database* Scopus dan publikasi berbahasa Inggris. Penelitian ini menekankan perlunya pendekatan interdisipliner dan teknologi canggih seperti 5G dan *edge computing* untuk mengatasi isu integrasi serta keamanan data guna mendukung implementasi IoT yang efektif dan berkelanjutan di sektor manufaktur.

Kata kunci: Efisiensi energi, IoT, kerangka PRISMA, pabrik pintar, SLR

1. PENDAHULUAN

Systematic literature review memegang peranan penting untuk memajukan solusi cerdas berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi energi di pabrik pintar. Melalui analisis menyeluruh terhadap studi yang ada, *SLR* mengungkapkan tren kontemporer, menunjukkan kekurangan penelitian, dan membantu dalam klasifikasi strategi manajemen energi yang beragam, sehingga membangun landasan pengetahuan yang koheren yang penting untuk inovasi [1]. *Review* ini juga menganalisis

hambatan teknis dan operasional dan menyajikan kerangka kerja yang bertujuan mengurangi inefisiensi energi dalam aplikasi IoT dalam lingkungan industri [2]. Dengan demikian, *SLR* menjadi instrumen metodologis penting yang mengarahkan para peneliti dan praktisi industri menuju realisasi penerapan paradigma pabrik pintar yang lebih efisien dan berkelanjutan, sehingga dapat mendukung tujuan Industri 4.0 dan transisi ke ekosistem manufaktur yang ramah lingkungan dan efisien [3].

Sistem pada pabrik pintar meningkatkan proses operasional dan secara nyata meningkatkan efisiensi energi, yang sangat penting mengingat tingginya kebutuhan energi pada manufaktur [4]. Meskipun IoT memungkinkan pemantauan *real-time* dan kontrol prediktif, berbagai hambatan tetap ada, termasuk integrasi perangkat heterogen dengan sistem lama, memastikan keamanan siber, dan mengelola beban energi dari IoT [5], [6], [7]. Selain itu, diperlukan kerangka kerja manajemen energi komprehensif yang mengintegrasikan sumber energi terbarukan dan teknik pembelajaran mesin canggih untuk optimasi dinamis. Mengatasi kekurangan ini sangat penting untuk memaksimalkan keuntungan IoT dalam mengurangi konsumsi energi dan dampak lingkungan dalam fasilitas manufaktur cerdas.

Penelitian ini mengkaji temuan dan arah penelitian masa depan dalam domain solusi cerdas berbasis IoT yang bertujuan meningkatkan efisiensi energi pada pabrik pintar. Studi kontemporer menunjukkan bahwa teknologi IoT secara nyata meningkatkan manajemen energi melalui pemantauan *real-time*, pemeliharaan prediktif, dan alokasi sumber daya yang optimal, dengan penggabungan AI, *big data*, dan robotika yang berperan penting dalam mendorong keberlanjutan operasional [4], [8]. Masalah interoperabilitas perangkat dan kebutuhan energi merupakan tantangan nyata, yang memerlukan penerapan solusi *skalabel* dan integrasi energi terbarukan [9]. Penelitian di masa depan harus berkonsentrasi pada pengembangan sistem manajemen energi mutakhir, solusi IoT berkelanjutan, dan penerapan kebijakan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keuntungan ekologis

[10].

2. METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan melalui penerapan *systematic literature review* (SLR) yang menggunakan kerangka kerja PRISMA untuk memastikan pendekatan yang terstruktur dan komprehensif dalam mengidentifikasi temuan utama terkait penerapan IoT untuk efisiensi energi [11]. PRISMA berfungsi sebagai pedoman utama dalam pelaporan tinjauan sistematis dan meta-analisis, yang dapat meningkatkan relevansi, penerapan, serta ketelitian dalam proses kajian. Oleh karena itu, PRISMA dapat memperkuat tujuan *systematic literature review* ini terhadap perumusan kebijakan, strategi pedagogis, dan metode pengajaran berbasis bukti [12], [13].

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan menyusun pertanyaan penelitian yang tepat dan pembuatan alur yang bertujuan untuk menjamin transparansi dan integritas metodologis [14], [15]. Tinjauan literatur dan proses penyaringan dilakukan dengan menggunakan kriteria yang ketat untuk mengidentifikasi studi yang relevan, namun penelitian ini dapat menjadi sulit dan rentan terhadap kesalahan [16].

Tahapan-tahapan tersebut meliputi penilaian kualitas, pengumpulan data, dan sintesis, yang sering kali menggunakan teknik meta-evaluasi untuk memberikan wawasan mendalam tentang elemen-elemen penting yang lebih dari analisis frekuensi sederhana [17], [18]. Tahap akhir, hasil penelitian disajikan secara sistematis dengan panduan daftar periksa untuk memastikan kejelasan dan ketepatan dalam penyampaian informasi.

2.2. PICO Framework dan Research Question

Tahapan pertama adalah membuat kerangka kerja PICO seperti yang diuraikan pada Tabel 1, untuk menyusun pertanyaan penelitian yang spesifik, sehingga memungkinkan dilakukannya penilaian yang menyeluruh dan sistematis [19], [20]. Kerangka kerja PICO dipilih karena sederhana dan relevan untuk analisis efektivitas solusi IoT di pabrik pintar, serta memberi keseimbangan antara kedalaman dan fokus tanpa elemen tambahan yang tidak sesuai konteks penelitian.

Tabel 1. Kerangka Kerja PICO

Komponen PICO	Deskripsi
<i>Population</i>	Pabrik pintar yang menerapkan teknologi IoT
<i>Intervention</i>	Sistem pintar berbasis IoT untuk efisiensi energi
<i>Comparison</i>	Metode manajemen energi konvensional
<i>Outcome</i>	Peningkatan efisiensi energi, pengurangan konsumsi energi, manfaat operasional

Tahap berikutnya adalah penyusunan pertanyaan penelitian yang dirancang berdasarkan kerangka tersebut guna mengarahkan proses tinjauan secara sistematis [21]. *Systematic literature review* ditentukan oleh pertanyaan penelitian yang merumuskan cakupan penelitian. Oleh karena itu, pertanyaan penelitian yang spesifik harus disusun untuk memastikan arah dan tujuan kajian yang jelas.

RQ1. Apa tren terkini dan distribusi tahunan publikasi penelitian tentang IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar?

RQ2. Bagaimana berbagai bidang studi berkontribusi pada penelitian IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar?

RQ3. Negara mana saja yang memimpin dalam mempublikasikan penelitian tentang solusi efisiensi energi berbasis IoT di pabrik pintar, dan bagaimana karakteristik distribusi penelitian global?

2.3. Sumber Data dan Kriteria Seleksi

Sumber data yang dipilih dalam penelitian ini adalah Scopus, Scopus dipilih karena cakupan komprehensif literatur ilmiah berkualitas, memfasilitasi akses ke penelitian terkait dan kontemporer. Adapun *query* yang digunakan untuk pencarian data pada Scopus adalah *Internet of Things OR iot AND energy efficiency OR energy management OR power optimization AND smart factory OR*

intelligent manufacturing OR industrial IoT OR Industry 4.0. Artikel dari basis data yang dipilih disaring berdasarkan judul, kata kunci, dan abstrak.

Setelah hasil diperoleh, tahap selanjutnya adalah proses penilaian menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi untuk menentukan literatur yang sesuai dengan tujuan penelitian, dengan mempertimbangkan elemen-elemen seperti lokasi

geografis, sumber publikasi, bahasa, dan tanggal publikasi [22], [23], [24] seperti pada Tabel 2. Penyeleksian Judul dan Abstrak digunakan untuk penyempurnaan studi.

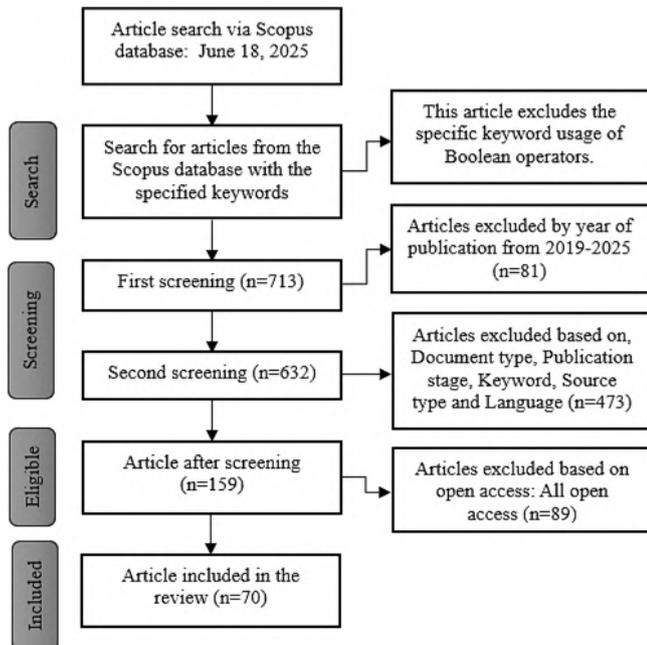
Penyaringan Teks Lengkap diperlukan untuk evaluasi dan Penilaian Kualitas secara menyeluruh. Aplikasi Zotero membantu dalam ekstraksi data dan proses manajemen artikel.

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kategori	Inklusi	Eksklusi
Database	Scopus	Semua basis data lainnya
Rentang Waktu	2019 - 2025	Artikel yang diterbitkan sebelum 2019 dan setelah 2025
Jenis Dokumen	Article	Semua jenis dokumen lainnya (misalnya tinjauan, makalah konferensi, bab buku, dan buku)
Bahasa	English	Bahasa lain
Tahap Publikasi	Final	Artikel dalam tahap prapublikasi
Bidang Kajian	Ilmu Komputer	Bidang kajian lainnya
Kata Kunci	Energy Efficiency	Kata kunci lainnya
Jenis Sumber	Journal	Buku, prosiding konferensi, dan seri buku
Akses Terbuka	All open access	Green, Gold, Hybrid gold dan Bronze

2.4. Metode PRISMA

Tahap akhir dari tahapan kedua memerlukan penjelasan yang komprehensif dari semua proses yang menggunakan metodologi PRISMA [25], [26] seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Metodologi ini terdiri dari tiga tahap utama: *search*, *screening*, *eligible and inclusion*.



Gambar 1. Kerangka Kerja Metode PRISMA

Berdasarkan gambar 1, tahap awal pencarian data dilakukan dengan kata kunci menghasilkan 713 artikel.

Tahap penyaringan awal dilakukan dengan mengecualikan studi berdasarkan tahun publikasi, sehingga tersisa 632 artikel. Selanjutnya, tahap penyaringan kedua mempersempit seleksi menjadi 159 artikel. Tahap akhir, artikel yang dikecualikan berdasarkan kriteria *open access: All open access* menghasilkan 70 artikel yang digunakan untuk memvalidasi kualitas dan kredibilitas sumber yang dianalisis. Referensi yang digunakan penelitian ini mewakili 70 artikel yang dipilih secara selektif untuk memastikan representasi literatur yang relevan dan mendukung fokus analisis, sesuai dengan standar *systematic literature review*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

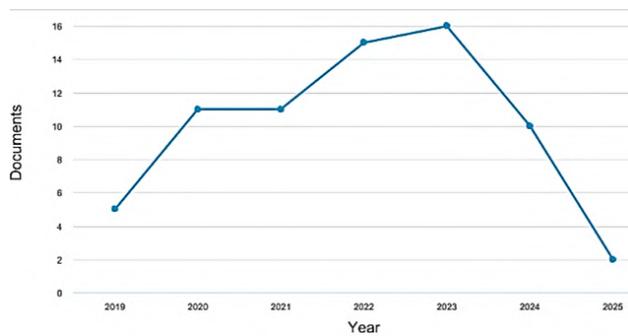
3.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini mengkaji tiga pertanyaan yang berasal dari 70 artikel dalam *database* Scopus mengenai solusi cerdas berbasis IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar. Data yang dikumpulkan berupa jumlah publikasi, tren tahunan, dan sumber jurnal. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan faktor-faktor utama yang mempengaruhi integrasi IoT dalam efisiensi energi, yang mencakup negara-negara yang berpartisipasi dan efek menyeluruh dari IoT pada efisiensi energi

RQ1: Apa tren terkini dan distribusi tahunan publikasi penelitian tentang IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar?

Berdasarkan data Scopus, karya ilmiah tentang solusi cerdas berbasis IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar

mencakup 70 artikel selama enam tahun ditunjukkan pada Gambar 2.

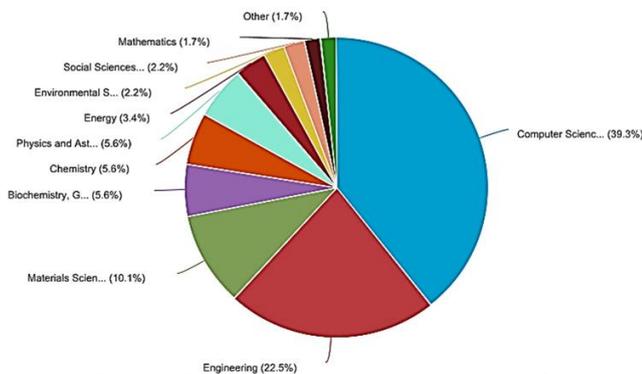


Gambar 2. Tren Publikasi IoT untuk Efisiensi Energi Pabrik Pintar

Berdasarkan gambar 2, tren publikasi artikel ilmiah tentang IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar dari 2019 hingga 2025. Publikasi naik secara signifikan dari 5 publikasi pada 2019 menjadi 16 publikasi pada tahun 2023. Setelah tahun 2023, terjadi penurunan jumlah dokumen hingga hanya tersisa 2 dokumen pada tahun 2025, yang kemungkinan disebabkan oleh data tahun 2025 yang belum lengkap. Tren ini menunjukkan meningkatnya perhatian riset pada topik ini di periode awal, dengan kemungkinan fase transisi atau perubahan fokus penelitian setelah puncak tersebut.

RQ2: Bagaimana berbagai bidang studi berkontribusi pada penelitian IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar?

Hasil analisis bidang studi dari 70 artikel tentang IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar berdasarkan pada bidang keilmuan, dengan menyoroti kategori utama yang ditampilkan dalam gambar 3.

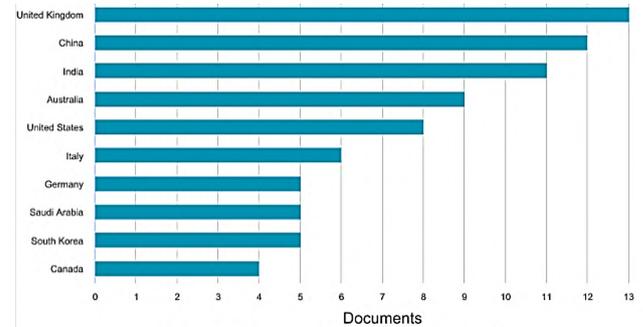


Gambar 3. Bidang Studi IoT dan Efisiensi Energi di Pabrik Pintar

Gambar 3 menunjukkan distribusi area bidang studi ilmiah yang berkaitan dengan IoT dan efisiensi energi di pabrik pintar. Ilmu Komputer memimpin dengan 39,3%, diikuti oleh Teknik pada 22,5%, dan Ilmu Material pada 10,1%. Bidang tambahan seperti Biokimia, Fisika, Kimia, Energi, dan Ilmu Lingkungan, meskipun persentasenya lebih kecil, tetap signifikan. Distribusi ini menggarisbawahi sifat interdisipliner penelitian yang mengintegrasikan teknologi, teknik, dan ilmu material dalam ranah IoT dan efisiensi energi.

RQ3: Siapa yang memimpin dalam mempublikasikan penelitian mengenai solusi efisiensi energi berbasis IoT di pabrik pintar, dan bagaimana karakteristik distribusi penelitian global?

Analisis distribusi penelitian tentang IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar dilakukan dengan mengategorikan 70 artikel berdasarkan klasifikasi negara, dengan fokus pada 10 artikel teratas di setiap kategori sebagaimana ditampilkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Jumlah Artikel Berdasarkan 10 Negara Teratas

Gambar 4 menunjukkan distribusi jumlah dokumen ilmiah berdasarkan negara. United Kingdom menempati posisi teratas dengan jumlah publikasi terbanyak yaitu 13 publikasi, yang diikuti oleh China, India, dan Australia sebagai kontributor utama. Selain itu, Amerika Serikat, Italia, Jerman, Saudi Arabia, Korea Selatan, dan Kanada juga memiliki partisipasi signifikan dalam publikasi terkait topik ini. Data ini menjelaskan dominasi penelitian dari beberapa negara maju dan berkembang, mencerminkan tingkat investasi dan fokus riset yang berbeda-beda dalam pengembangan IoT untuk efisiensi energi di pabrik pintar secara global.

3.2. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan tinjauan sistematis di atas, hasil menunjukkan peningkatan dalam efisiensi energi melalui sistem pintar berbasis IoT dibandingkan dengan pendekatan tradisional. Meskipun demikian, tantangan yang terkait dengan integrasi dan operasi tetap ada, sehingga perlu menjadi perhatian dalam pengembangan solusi ini.

3.2.1 Efektivitas Sistem Pintar Berbasis IoT dalam efisiensi energi

Efektivitas sistem pintar berbasis IoT dalam meningkatkan efisiensi energi melebihi metode tradisional melalui penerapan data *real-time* dan analitik canggih. Dalam bangunan cerdas, penggabungan IoT memfasilitasi pengawasan dan regulasi konsumsi energi yang akurat, menghasilkan pengurangan energi yang cukup besar dan kenyamanan operasional yang ditingkatkan [27]. Pengambilan keputusan berbasis data melalui AI meningkatkan efisiensi energi. Sistem IoT menunjukkan pengurangan 42% dalam penggunaan daya dan

meningkatkan keberlanjutan dibandingkan dengan metode konvensional [28].

Selain itu, integrasi *unmanned aerial vehicle* untuk tujuan akuisisi data dalam hubungannya dengan jaringan sensor nirkabel meningkatkan efektivitas komunikasi dan mengurangi konsumsi energi [29]. Penggabungan kemajuan teknologi meningkatkan potensi solusi cerdas yang didorong oleh *Internet of Things* untuk secara nyata meningkatkan efisiensi energi dalam konteks industri dan arsitektur.

3.2.2 Tantangan dan Solusi Integrasi IoT di Lingkungan Pabrik pintar

Penerapan teknologi IoT di lingkungan pabrik pintar menghadapi hambatan kritis yang ditentukan oleh peningkatan konsumsi energi yang dikaitkan dengan penggunaan sensor yang ekstensif, sehingga memperburuk biaya operasional dan konsekuensi ekologis [30]. Untuk mengurangi masalah ini, alternatif hemat energi, seperti *node* sensor nirkabel bertenaga optik yang menggunakan teknologi *powerover-fiber*, telah disarankan untuk digunakan. Keandalan komunikasi sangat penting, memerlukan *ultra-reliable low-latency communication (URLLC)* yang sangat andal yang difasilitasi oleh teknologi generasi kelima (5G) dan *multi-access edge computing (MEC)* untuk pemrosesan data secara *real-time*. Gangguan yang timbul dari beragam teknologi nirkabel dapat dikelola secara efektif melalui implementasi *self-organizing networks (SON)* yang bertujuan untuk mengoptimalkan sistem komunikasi [31].

Selain itu, kompleksitas dari operasi pabrik pintar memerlukan penerapan metodologi pengoptimalan lanjutan, seperti kerangka teori *directed acyclic graph and adaptive communication (DACODE)*, untuk meningkatkan efisiensi energi dan kinerja sistem secara keseluruhan [32], [33]. Mengatasi tantangan yang beragam ini, sangat penting untuk implementasi IoT yang berkelanjutan dan efisien di lingkungan industri.

3.2.3 Dampak IoT pada Efisiensi Operasional Pabrik pintar

Internet of Things memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dalam lingkungan pabrik pintar melalui pemanfaatan kemampuan akuisisi data *real-time* yang memungkinkan pengawasan berkelanjutan dari proses produksi dan penyesuaian cepat yang dirancang untuk meminimalkan *downtime* dan meningkatkan keandalan peralatan. Integrasi teknologi IoT dengan kecerdasan buatan memungkinkan analisis data tingkat lanjut, sehingga memungkinkan identifikasi pola dan tren yang secara efektif mengoptimalkan proses produksi dan alokasi sumber daya. Selain itu, pendekatan pemeliharaan prediktif berbasis di IoT mendukung identifikasi awal kemungkinan kerusakan sebelum terjadi,

akibatnya menurunkan pengeluaran pemeliharaan dan mencegah penghentian produksi yang tidak terduga [34].

Otomatisasi yang dikerjakan IoT memungkinkan mesin untuk saling berkomunikasi dan berfungsi secara independen, sehingga meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi pengeluaran tenaga kerja [31]. Selanjutnya, pemantauan secara *real-time* pemanfaatan energi dan implementasi *edge computing* mempercepat operasi pemrosesan data dan meningkatkan efisiensi energi, yang secara bersamaan mendukung keberlanjutan dalam sektor manufaktur [35]. Namun, tantangan yang terkait dengan keamanan data dan privasi harus tetap menjadi perhatian penting dalam kemajuan berkelanjutan sistem IoT untuk lingkungan manufaktur cerdas untuk menjamin perlindungan aset digital dan integritas operasional.

3.2.4 Peran Teknologi Baru dalam Meningkatkan Efisiensi Energi pada pabrik pintar

Penggabungan teknologi canggih di pabrik pintar secara signifikan meningkatkan efisiensi energi. Sistem otomasi dan interkoneksi mendorong pemanfaatan teknologi seperti IoT, *Mobile Edge Computing*, dan *blockchain*, yang merampingkan operasi dan mendorong keberlanjutan melalui optimalisasi energi dan minimalisasi limbah.

Sensor IoT dalam mesin industri memfasilitasi pemantauan konsumsi energi dan kinerja operasional secara *real-time*, memungkinkan penyesuaian cepat untuk mengurangi pemborosan energi dan menurunkan emisi karbon. Selain itu, pemeliharaan prediktif berbasis IoT memungkinkan deteksi dini potensi kerusakan yang meminimalkan *downtime* serta memaksimalkan efisiensi energi selama proses produksi [36].

MEC mendukung transfer tanggung jawab komputasi dari perangkat seluler ke *server edge* yang berdekatan dengan sumber data, sehingga mengurangi latensi dan pengeluaran energi dibandingkan dengan pemrosesan *cloud* jarak jauh. implementasi algoritma hemat energi dalam kerangka kerja *MEC* meningkatkan performa aplikasi dengan tetap mematuhi standar kualitas layanan.

Teknologi *blockchain* meningkatkan integritas dan transparansi data dalam proses produksi, yang penting untuk realisasi operasi hemat energi. Dengan membangun kerangka kerja yang andal untuk pertukaran data di antara para pemangku kepentingan, *blockchain* dapat memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih efektif mengenai konsumsi energi dan alokasi sumber daya. Integrasi teknologi *blockchain* dengan metode optimasi memungkinkan perumusan proses produksi yang lebih hemat energi, disertai dengan sistem pendukung keputusan *real-time* yang responsif terhadap kondisi dinamis [37].

3.2.5 Tren Adopsi Industri dan Arah Pengembangan IIoT

Peran teknologi pada *industrial internet of things* mampu meningkatkan konektivitas dan otomatisasi di pabrik pintar untuk manajemen data *real-time*, sehingga dapat mengoptimalkan proses industri melalui mekanisme kontrol yang lebih efisien. Namun, peningkatan jumlah perangkat IIoT menimbulkan masalah konsumsi energi, yang mengharuskan pengembangan strategi hemat energi seperti *resource-aware routing protocols* untuk memperpanjang umur jaringan dan meminimalkan penggunaan energi [38].

Tren terbaru dalam IIoT mencakup integrasi *blockchain* dan *edge computing*, meningkatkan keamanan data dan meminimalkan latensi pemrosesan untuk proses produksi yang lebih efisien dan hemat energi [39]. Selain itu, inovasi dalam catu daya, seperti teknologi *powerover-fiber*, menawarkan solusi yang andal dan hemat energi untuk sensor nirkabel dalam pengaturan industri yang berbahaya. Dalam hal keamanan, pengembangan *lightweight authentication protocols* dan *secure key exchange mechanisms* yang aman bertujuan untuk melindungi sistem IIoT terhadap ancaman siber dan akses tidak sah yang dapat membahayakan operasi pabrik [40].

Di masa depan, penelitian akan fokus pada pengembangan sistem deteksi anomali adaptif terhadap *aging process* dalam pabrik pintar, memanfaatkan kecerdasan buatan untuk meningkatkan pengambilan keputusan operasional. Integrasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan produksi, memfasilitasi evolusi pabrik menjadi lebih cerdas, lebih aman, dan lebih efisien dalam mengatasi tantangan industri di masa depan.

4. KESIMPULAN

Temuan penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam publikasi ilmiah yang berkaitan dengan solusi cerdas berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi energi pada pabrik pintar dari 2019 hingga 2025, yang mencerminkan penekanan akademis yang meningkat di bidang ini. Disiplin ilmu komputer terutama memimpin dalam *output* penelitian, diikuti oleh teknik dan ilmu material, menandakan karakter interdisipliner yang inheren dari materi pelajaran ini. Baik negara maju dan berkembang, termasuk Inggris, China, dan India menjadi pemimpin utama dalam publikasi, menandakan keberagaman kontribusi global terhadap pengembangan IoT untuk efisiensi energi pada pabrik pintar.

Penelitian ini membuktikan bahwa meskipun sistem pintar berbasis IoT menunjukkan potensi yang cukup besar untuk meningkatkan efisiensi energi secara nyata dibandingkan dengan metodologi konvensional melalui penerapan data *real-time* dan analitik canggih, tantangan signifikan yang berkaitan dengan integrasi dan fungsionalitas teknologi ini tetap ada. Tantangan seperti peningkatan konsumsi energi oleh sensor, kebutuhan untuk komunikasi yang sangat andal yang ditandai dengan latensi minimal, dan seluk-beluk manajemen jaringan harus diatasi untuk memastikan

bahwa solusi IoT dapat diterapkan secara efektif dan berkelanjutan.

Kemajuan solusi IoT dalam lingkungan pabrik pintar memerlukan penggabungan metodologi interdisipliner dan teknologi canggih, termasuk teknologi 5G, komputasi *edge*, dan teknik pengoptimalan jaringan yang canggih, untuk mengatasi keterbatasan implementasi. Selain itu, keamanan data dan privasi harus diprioritaskan selama pelaksanaan sistem IoT industri. Implikasi pragmatis menyoroti potensi peningkatan dalam efisiensi operasional dan energi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan keberlanjutan sektor industri manufaktur di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Wang, D. Zhong, and A. Souri, "Energy management solutions in the Internet of Things applications: Technical analysis and new research directions," *Cogn. Syst. Res.*, vol. 67, pp. 33–49, 2021, doi: 10.1016/j.cogsys.2020.12.009.
- [2] F. S. Tesch da Silva, C. A. da Costa, C. D. Paredes Crovato, and R. da Rosa Righi, "Looking at energy through the lens of Industry 4.0: A systematic literature review of concerns and challenges," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 143, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106426.
- [3] H. Yadav, U. Soni, and G. Kumar, "Analysing challenges to smart waste management for a sustainable circular economy in developing countries: a fuzzy DEMATEL study," *Smart Sustain. Built Environ.*, vol. 12, no. 2, pp. 361–384, 2023, doi: 10.1108/SASBE-06-2021-0097.
- [4] S. C. Vetrivel, T. P. Saravanan, and R. Maheswari, "Smart factories and energy efficiency in industry 4.0," in *Distributed Time-Sensitive Systems, 2025*, pp. 63–103. doi: 10.1002/9781394197798.ch4.
- [5] D. H. Wi, H. J. Kwon, J. K. Park, S. J. Kang, and J. D. Lee, "Opportunistic and location-based collaboration architecture among mobile assets and fixed manufacturing processes," *Sens. Switz.*, vol. 18, no. 8, 2018, doi: 10.3390/s18082703.
- [6] K. Musaeva, I. Vyachina, and M. Aliyeva, "Smart factories and their impact on modern manufacturing enterprises: Prospects and challenges in the era of the digital economy," presented at the E3S Web of Conferences, 2024. doi: 10.1051/e3sconf/202453707010.
- [7] K. Dhondge, R. Shorey, and J. Tew, "HOLA: Heuristic and opportunistic link selection algorithm for energy efficiency in Industrial Internet of Things (IIoT) systems," presented at the 2016 8th International Conference on

- Communication Systems and Networks, COMSNETS 2016, 2016. doi: 10.1109/COMSNETS.2016.7439960.
- [8] M. Soori, B. Arezoo, and R. Dastres, "Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review," *Internet Things Cyber-Phys. Syst.*, vol. 3, pp. 192–204, 2023, doi: 10.1016/j.iotcps.2023.04.006.
- [9] A. H. Bagdadee, L. Zhang, and M. Saddam Hossain Remus, "A Brief Review of the IoT-Based Energy Management System in the Smart Industry," presented at the Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, pp. 443–459. doi: 10.1007/978-981-15-0199-9_38.
- [10] R. Lee, S. H. Park, and J. G. Park, "Key success factors of business performance: Evidence from smart factories in South Korea," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 19, pp. 3291–3301, 2020.
- [11] V. Mishra and M. P. Mishra, "Prisma for review of management literature – method, merits, and limitations – an academic review," *Rev. Manag. Lit.*, vol. 2, pp. 125–136, 2023, doi: 10.1108/S2754-586520230000002007.
- [12] M. J. Page, D. Moher, S. Brennan, and J. E. McKenzie, "The PRISMATIC project: protocol for a research programme on novel methods to improve reporting and peer review of systematic reviews of health evidence," *Syst. Rev.*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s13643-023-02363-6.
- [13] R. J. Posso, L. C. Barba, R. A. Tenorio, R. Caicedo-Quiroz, G. Maqueira-Caraballo, and J. Barzola-Monteses, "PRISMA Guidelines: Methodological Adaptation for Systematic Reviews in Education," *Data Metadata*, vol. 4, 2025, doi: 10.56294/DM2025698.
- [14] M. Višić, "CONNECTING PUZZLE PIECES: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW METHOD IN THE SOCIAL SCIENCES," *Sociologija*, vol. 64, no. 4, p. 543, 2022, doi: 10.2298/SOC2204543V.
- [15] M. I. Riaño-Casallas and S. Rojas-Berrio, "How to Report Systematic Literature Reviews in Management Using SyReMa," *Innovar*, vol. 34, no. 92, 2023, doi: 10.15446/innovar.v34n92.99156.
- [16] R. van Dinter, C. Catal, and B. Tekinerdogan, "A Multi-Channel Convolutional Neural Network approach to automate the citation screening process," *Appl. Soft Comput.*, vol. 112, 2021, doi: 10.1016/j.asoc.2021.107765.
- [17] A. R. Ramadhani, M. A. Fauzi, M. M. Abdullah, S. S. Maesaroh, dan O. Herdiana, "Pengaruh Pemasaran Media Sosial terhadap Keterlibatan Pelanggan (Survei pada Pengguna Halodoc di Indonesia)," **Jurnal Teknologi Terpadu**, vol. 9, no. 1, pp. 65–69, 2023.
- [18] K. Harry and M. Alrezq, "Assessment of Critical Success Factors Using Meta-synthesis Evaluation," presented at the IISE Annual Conference and Expo 2022, 2022. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137172797&partnerID=40&md5=142e9a05d15585cd8118051d0379fba3>
- [19] M. Stark and B. Woods, "Developing an Idea into a Research Question," *Clin. Spine Surg.*, vol. 36, no. 1, pp. 34–36, 2023, doi: 10.1097/BSD.0000000000001393.
- [20] E. Faridmoayer, A. Badami, A. Schwartzman, and F. C. Brunicardi, "What problem are you solving?," in *Handbook for Designing and Conducting Clinical and Translational Surgery*, 2023, pp. 25–27. doi: 10.1016/B978-0-323-90300-4.00085-9.
- [21] H. Scells, G. Zuccon, B. Koopman, A. Deacon, L. Azzopardi, and S. Geva, "Integrating the framing of clinical questions via PICO into the retrieval of medical literature for systematic reviews," presented at the International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings, 2017, pp. 2291–2294. doi: 10.1145/3132847.3133080.
- [22] K. L. Lane and R. J. Kettler, "Literature Review, Questions, and Hypotheses," in *Research Methodologies of School Psychology: Critical Skills*, 2019, pp. 24–41. doi: 10.4324/9781315724072-2.
- [23] M. Saputra, P. I. Santosa, and A. E. Permanasari, "Consumer Behaviour and Acceptance in Fintech Adoption: A Systematic Literature Review," *Acta Inform. Pragensia*, vol. 12, no. 2, pp. 468–489, 2023, doi: 10.18267/j.aip.222.
- [24] V. O. Trung Quang and A. Riewpaiboon, "A literature review of health economic evaluation: A case of vaccination on systematic review analysis," *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, vol. 39, no. 2, pp. 300–308, 2016.
- [25] I. G. M. P. Suardana, I. B. M. H. A. Nugraha, D. G. A. P. Pemayun, I. B. I. Purnama, I. G. K. S. Budarsa, I. B. K. Sugirianta, dan A. A. N. G. Sapteka, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kinerja Baterai pada Baggage Towing Tractor berbasis NodeMCU ESP8266 Aplikasi Android,"

- Jurnal Teknologi Terpadu, vol. 8, no. 2, pp. 100–105, 2022.
- [26] H. Carter-Templeton *et al.*, “Completeness of Systematic Reviews in Nursing Literature Based on PRISMA Reporting Guidelines,” *Adv. Nurs. Sci.*, 2025, doi: 10.1097/ANS.0000000000000567.
- [27] S. Cicero, M. Guarascio, A. Guerrieri, and S. Mungari, “A Deep Anomaly Detection System for IoT-Based Smart Buildings,” *Sensors*, vol. 23, no. 23, p. 9331, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/s23239331>.
- [28] H. Q. Al-Shammari, A. Q. Lawey, T. E. H. El-Gorashi, and J. M. H. Elmirghani, “Service Embedding in IoT Networks,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 2948–2962, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2962271.
- [29] S. H. Alsamhi, F. Afghah, R. Sahal, A. Hawbani, M. A. A. Al-qaness, B. Lee, and M. Guizani, “Green Internet of Things using UAVs in B5G networks: A review of applications and strategies,” *Ad Hoc Netw.*, vol. 117, p. 102505, 2021.
- [30] L. C. Souza, E. R. Neto, E. S. Lima, and A. C. Sodr e Jr., “Optically-powered wireless sensor nodes towards industrial internet of things,” *Sensors*, vol. 22, no. 1, p. 57, 2021.
- [31] C.-W. Hsu, Y.-L. Hsu, and H.-Y. Wei, “Energy-efficient edge offloading in heterogeneous industrial IoT networks for factory of future,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 183035–183050, 2020.
- [32] R. Sekaran, A. K. Munnangi, S. Rajeyyagari, M. Ramachandran, and F. Al-Turjman, “Ant colony resource optimization for Industrial IoT and CPS,” *Int. J. Intell. Syst.*, vol. 37, no. 12, pp. 10513–10532, 2022.
- [33] Oh, D. Lee, D. S. Lakew, and S. Cho, “DACODE: Distributed adaptive communication framework for energy efficient industrial IoT-based heterogeneous WSN,” *ICT Express*, vol. 9, no. 6, pp. 1085–1094, 2023.
- [34] P. Wang, K. Wang, D. Wang, and H. Liu, “The impact of manufacturing transformation in digital economy under artificial intelligence,” *IEEE Access*, 2024.
- [35] B. Genge, P. Haller, and C. En achescu, “Anomaly detection in aging industrial internet of things,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 74217–74230, 2019.
- [36] N. U. Hadi, B. Almessabi, and M. I. Khan, “Leveraging Industry 4.0 and Circular Open Innovation for Digital Sustainability: The Role of Circular Ambidexterity,” *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 2025, p. 100545, 2025.
- [37] H. Yetis, M. Karakose, and N. Baygin, “Blockchain-based mass customization framework using optimized production management for industry 4.0 applications,” *Eng. Sci. Technol. Int. J.*, vol. 36, p. 101151, 2022.
- [38] K. S. Bhandari and G. H. Cho, “An energy efficient routing approach for cloud-assisted green industrial IoT networks,” *Sustainability*, vol. 12, no. 18, p. 7358, 2020.
- [39] T. Kumar, E. Harjula, M. Ejaz, A. Manzoor, P. Porombage, I. Ahmad, M. Liyanage, A. Braeken, and M. Ylianttila, “BlockEdge: Blockchain-edge framework for industrial IoT networks,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 154166–154185, 2020.
- [40] K. Choudhary, G. S. Gaba, I. Butun, and P. Kumar, “MAKE-IT—A lightweight mutual authentication and key exchange protocol for Industrial Internet of Things,” *Sensors*, vol. 20, no. 18, p. 5166, 2020, doi: 10.3390/s20185166.



SISTEM REKOMENDASI KULINER IKONIK KOTA SOLO MENGGUNAKAN METODE *CONTENT BASED FILTERING*

Muchalim Danu Warta¹, Pramono², Joni Maulindar³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa
Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia 57154

210103104@mhs.udb.ac.id, pramono@udb.ac.id, joni_maulindar@udb.ac.id

Abstract

Content-Based Filtering is a user-independent method, meaning it does not rely on whether an item is new or previously selected by other users. This study aims to design and develop a recommendation system for iconic culinary places in Solo City using the Content-Based Filtering method. The system helps tourists find culinary options based on individual preferences such as food name, rating, and price. Culinary data was collected through web scraping from Google Maps using the Instant Data Scraper extension. The data is processed using the TF-IDF algorithm and cosine similarity to calculate the similarity between content features. The system development follows the Rational Unified Process (RUP) with four phases: inception, elaboration, construction, and transition. It is built using PHP with the Laravel framework and MySQL database. The system provides a list of culinary recommendations complete with images, names, ratings, addresses, and prices. Black-box testing on six main scenarios showed 100% success, proving the system meets functional requirements. The final recommendation results show a similarity score above 70%, indicating accurate and relevant suggestions. This system helps users discover Solo's iconic culinary spots more efficiently and according to their preferences.

Keywords: *content-based filtering, recommendation system, RUP, Solo culinary, TF-IDF*

Abstrak

Metode *Content based filltering* bersifat *user independence* yang berarti tidak bergantung apakah item tersebut merupakan item baru (yang belum pernah dipilih pengguna mana pun) ataupun item lama. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem rekomendasi tempat kuliner ikonik di Kota Solo dengan menggunakan metode *Content-Based Filtering*. Sistem dikembangkan untuk memudahkan wisatawan dalam menemukan rekomendasi kuliner yang sesuai dengan preferensi individu, seperti nama makanan, *rating*, dan harga. Data kuliner diperoleh melalui *scraping* dari *Google Maps* menggunakan ekstensi *Instant Data Scraper*, kemudian diolah menggunakan algoritma TF-IDF dan *cosine similarity* untuk menghitung kemiripan antar fitur konten. Pengembangan sistem menggunakan pendekatan *Rational Unified Process* (RUP) terdiri dari empat tahapan: *inception, elaboration, construction, dan transition*. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework Laravel* dan basis data MySQL. Hasil sistem berupa daftar rekomendasi kuliner yang ditampilkan lengkap dengan informasi gambar, nama, *rating*, alamat, serta harga. Pengujian menggunakan metode *black-box* pada enam skenario utama menghasilkan tingkat keberhasilan 100%, menunjukkan sistem berfungsi sesuai kebutuhan. Skor akhir hasil rekomendasi menunjukkan tingkat kemiripan di atas 70%, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi yang relevan dengan preferensi pengguna secara akurat. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memperoleh informasi kuliner khas Solo secara lebih cepat, efisien, dan sesuai preferensi.

Kata kunci: *content-based filtering, kuliner Solo, RUP, sistem rekomendasi, TF-IDF*

1. PENDAHULUAN

Sistem rekomendasi dengan metode *content-based filtering* merekomendasikan tempat kuliner yang memiliki kemiripan dengan tempat kuliner lain yang dipilih oleh pengguna sesuai dengan preferensi masing-masing. Kemiripan tersebut didapatkan dari perhitungan yang berdasarkan fitur-fitur seperti nama makanan, *rating*, dan

harga. Metode yang digunakan ini bersifat *user independent*, yang berarti tidak bergantung pada apakah tempat kuliner tersebut merupakan tempat baru atau telah dipilih sebelumnya [1].

Makanan khas Solo yang menjadi ikon kota ini memiliki akar sejarah dari tradisi keraton. Sampai saat ini, Keraton Surakarta tetap berperan sebagai kediaman keluarga

kerajaan yang masih melestarikan berbagai tradisi dan budaya, termasuk dalam hal kuliner tradisional khas keraton. Kuliner Bangsa Belanda berpengaruh cukup kuat terhadap sajian atau hidangan Kota Solo, khususnya masakan keraton. Hal ini tidak lepas dari hubungan baik yang terjalin antara keluarga keraton dengan berbagai negara Eropa, termasuk Belanda, sehingga masakan Belanda kerap dihidangkan untuk menjamu tamu penting pada masa lalu. Dua contoh makanan keraton yang mendapat pengaruh Belanda adalah Selat Solo dan Bistik Galantin. Menurut penelitian beberapa hidangan yang menjadi identitas kuliner Solo antara lain Selat Solo, Bestik, Timlo, Sate dan Tengkleng, Nasi Liwet, Soto, Serabi, serta Dawet Telasih [2].

Dalam beberapa tahun belakangan, semakin banyak wisatawan yang tertarik untuk menikmati pengalaman kuliner loka yang beragam dan autentik. Kota Solo, dengan keberagaman kulinernya yang memadukan unsur tradisional dan kontemporer untuk menciptakan cita rasa khas, menjadi salah satu daya tarik utama bagi wisatawan [3].

Dalam penelitiannya yang berjudul “*Recommendation System With Content-Based Filtering Method For Culinary Tourism In Mangan Application*” menyatakan jumlah opsi kuliner yang tersedia bagi masyarakat menjadi faktor penting dalam penelitian ini. Saat ini, masyarakat masih mencari rekomendasi kuliner secara manual, tidak ada sistem rekomendasi yang dapat digunakan. Hal tersebut membutuhkan banyak waktu dan tidak efektif [4].

Dengan kemajuan di bidang teknologi, preferensi konsumen telah berubah secara signifikan [5]. Beberapa *platform*, termasuk terori, literatur, dan metode yang tersedia untuk menjelaskan preferensi makanan, masih menghadapi tantangan untuk menemukan makanan yang sesuai dengan preferensi dan kebutuhan konsumen [6].

Untuk mengatasi permasalahan di atas, penulis ingin membuat sistem rekomendasi tempat kuliner ikonik Kota Solo dimana wisatawan dapat memperoleh informasi terkait tempat kuliner sesuai karakteristik spesifik yang diinginkan. Sasaran pengguna dari sistem ini adalah para wisatawan yang mengunjungi Kota Solo dan masyarakat umum yang ingin mencari kuliner khas dengan mempertimbangkan kriteria tertentu, seperti jenis makanan, *rating* dari pelanggan sebelumnya, dan kisaran harga yang sesuai. Dengan pendekatan ini, sistem rekomendasi yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mendukung promosi kuliner lokal sekaligus meningkatkan pengalaman wisata kuliner yang lebih personal dan praktis.

Metode *Content-Based Filtering* memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lain seperti *collaborative filtering*, yaitu mampu memberikan hasil rekomendasi tanpa memerlukan data dari pengguna lain. Artinya, sistem tetap bisa berjalan meskipun pengguna baru belum pernah

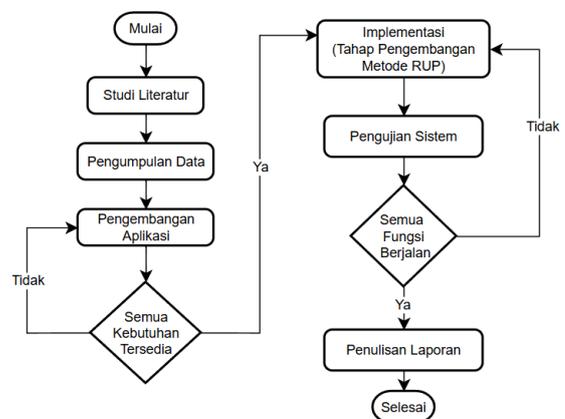
melakukan interaksi sebelumnya. Selain itu, metode ini juga mampu memberikan rekomendasi yang lebih tepat dan sesuai dengan selera pengguna, tanpa perlu mengandalkan data perilaku pengguna lainnya.[7]

Sistem rekomendasi berbasis *content-based filtering* mampu memberikan hasil yang tidak tergantung pada pengguna, singkat, efisien. Hasil dari penelitian ini menampilkan beberapa rekomendasi yang mencakup gambar, nama, *rating*, alamat, serta harga berdasarkan kesamaan item atau fitur yang dipilih pengguna. Dengan adanya sistem rekomendasi ini, para pengguna terutama wisatawan yang berkunjung ke Kota Solo dapat dengan mudah mendapatkan rekomendasi serta informasi yang lengkap mengenai kuliner yang diminati.

Dalam upaya pengembangannya, pendekatan *Rational Unified Process* (RUP) digunakan agar dapat mengantisipasi risiko seperti perubahan kebutuhan, kesalahan pada desain awal, atau ketidaksesuaian antara sistem dan harapan pengguna. Dengan sifat iteratif dan berorientasi pada arsitektur, RUP memungkinkan sistem dikembangkan secara bertahap dan dapat diuji kualitasnya di setiap fase.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir menunjukkan bahwa penelitian dilakukan secara bertahap dan iteratif, dimulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian sistem. Alur lengkap tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data kuliner melalui teknik *web scraping* dari *Google Maps*. Data yang diambil memuat nama kuliner, *rating*, harga, lokasi, waktu tutup, waktu buka dan foto yang disimpan dalam *file* berekstensi Ms.Excel. Total terdapat 251 data kuliner khas Kota Solo, yang mencakup informasi seperti nama kuliner, *rating*, harga minimum, harga maksimum, alamat, dan tautan ke lokasi *Google Maps*.

2.2 Preprocessing

Tahapan ini merupakan tahapan untuk mempersiapkan data mentah yang telah dikumpulkan menjadi data yang terstruktur dan siap digunakan dalam algoritma sistem rekomendasi kecil [5]. Tahapan *Preprocessing* yang dilakukan adalah [8]

- Case Folding*, dilakukan perubahan huruf tiap kata menjadi huruf kecil
- Tokenization* adalah pemecahan kalimat berdasarkan tiap kata penyusunnya
- Elimination*, proses penghapusan pengulangan kata
- Filtering*, dilakukan penyaringan/filter kata yang tidak memiliki arti.

2.3 Penerapan Content Based Filtering

Content-Based Filtering merupakan suatu metode dalam sistem rekomendasi yang bekerja dengan menganalisis atribut, karakter maupun fitur dari suatu item. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan ciri atau karakteristik item sebelumnya yang telah berinteraksi dengan pengguna sebagai dasar dalam menentukan rekomendasi item lain dengan karakteristik serupa[7]. Metode *Content Based Filtering* pada penelitian ini akan merekomendasikan daftar kuliner ikonik dari Kota Solo yang memiliki karakteristik yang serupa dengan kuliner yang dicari oleh pengguna. Metode *Content Based Filtering* menggunakan algoritma sebagai berikut :

1) Algoritma Cosine Similarity

Cosine Similarity merupakan metode perhitungan antara dua buah objek dengan menghitung *similarity* atau tingkat kemiripan objek tersebut. Perhitungan pada metode ini dinyatakan dalam dua buah *vector* dengan kata kunci dari *database* sebagai ukuran [9]. *Cosine Similarity* dapat dihitung dengan persamaan (1) berikut.

$$\text{Similarity}(A, B) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \cdot \|B\|} \quad (1) [7].$$

Keterangan :

Similarity = *similarity* yang dimiliki oleh *query* dan dokumen

A = bobot dokumen ke-1

B = bobot dokumen ke - 2

2) Algoritma TF-IDF (*Term Frequency-Inverse Document Frequency*)

TF-IDF (*Term Frequency-Inverse Document Frequency*) adalah metode statistika yang digunakan untuk mengevaluasi pentingnya sebuah kata/teks dalam sebuah dokumen atau bisa dikatakan metode yang digunakan untuk *filtering*. TF (*Term Frequency*) merepresentasikan frekuensi

munculnya kata sedangkan IDF (*Inverse Document Frequency*) merupakan tolak ukur seberapa pentingnya sebuah kata yang diimbangi dengan seringnya kemunculan sebuah kata dalam keseluruhan [10]. Rumus perhitungan algoritma TF-IDF adalah sebagai berikut:

$$tf = 0,5 + 0,5 x \frac{tf}{\max(tf)} \quad [11]$$

$$idf_t = \text{Log} \left(\frac{D}{df_t} \right)$$

$$W_{d,t} = tf_{d,t} x idf_{d,t}$$

Keterangan :

D = Dokumen ke -d,

t = *term* ke - t dari dokumen,

W = bobot ke - d terhadap *term* ke - t,

tf = Frekuensi atau jumlah kemunculan *term* i dalam dokumen,

idf = *Inversed Document Frequency*,

df = Jumlah dokumen yang mengandung *term* i.

2.4 Normalisasi

Setelah menghitung tingkat kemiripan nama kuliner menggunakan algoritma TF-IDF dan *cosine similarity*, langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi terhadap nilai *rating* dan harga. Tujuannya adalah untuk menyetarakan skala antar variabel yang memiliki satuan berbeda, sehingga tidak ada fitur yang mendominasi hasil akhir secara tidak adil. Normalisasi dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Normalisasi} = \frac{x - \min}{\max - \min} \quad [9]$$

Dimana:

x = nilai *actual*

min = nilai terendah dalam *dataset*

max = nilai tertinggi dalam *dataset*

2.5 Metode Pengembangan

Pengembangan sistem rekomendasi ini menerapkan metode *Rational Unified Process* (RUP) dengan pertimbangan karakteristik uniknya yang bersifat iteratif (berulang), berorientasi pada arsitektur sistem, serta menggunakan *use case diagram* sebagai landasan utama dalam proses pengembangan [12].

[13] Metode *Rational Unified Process* merupakan metode yang fleksibel jika *user* ingin melakukan perubahan pada setiap tahapan pengembangan. Perubahan tersebut di antaranya seperti:

- 1) Risiko perubahan kebutuhan pengguna: Karena pengguna bisa memiliki preferensi baru, RUP memungkinkan perubahan diakomodasi pada fase *elaboration* dan *construction*.
- 2) Risiko kesalahan desain sistem: melalui dokumentasi UML dan prototipe awal, RUP meminimalkan kesalahan desain sebelum tahap pengkodean.
- 3) Risiko fungsionalitas tidak sesuai ekspektasi: dengan adanya tahapan pengujian pada setiap fase, terutama *black-box testing* di tahap *construction*, risiko ini dapat dideteksi dan ditangani lebih awal.



Gambar 2. Bagan Model Metode *Rational Unified Process* [14]

Metode RUP merupakan metode pembangunan perangkat lunak yang dapat menangani resiko berdasarkan perubahan yang diinginkan [13]. Pada Gambar 2 tersebut dijelaskan bahwa metode *Rational Unified Process* (RUP) terdiri dari empat tahapan yaitu *inception*, *elaboration*, *construction*, dan *transition* [15].

Inceptio pada tahap *inceptio* awal, dilakukan pemodelan proses bisnis (*business modelling*) dan perumusan kebutuhan sistem (*requirements*)[14].

Elaboration pada tahap *elaboration*, proses perencanaan dan perancangan sistem difokuskan pada pengembangan arsitektur sistem serta analisis dan desain yang mendalam menurut [14]. Dalam fase ini diterapkan algoritma *content-based filtering* seperti TF-IDF dan *cosine similarity* untuk mengolah pembobotan fitur-fitur kuliner, sekaligus merancang sistem menggunakan berbagai diagram UML termasuk *use case diagram* dan *activity diagram* guna memvisualisasikan alur kerja sistem secara komprehensif [16]

Construction merupakan tahap fase pengembangan sistem dimana komponen dan berbagai fitur diimplementasikan melalui penulisan kode program, sekaligus dilakukan pengujian untuk memastikan fungsionalitas sistem bekerja dengan baik [17]. Pada fase ini, algoritma *content-based filtering* diimplementasikan ke dalam sistem dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP berbasis *framework Laravel*, didukung oleh MySQL sebagai sistem manajemen basis data. Selain itu, dilakukan pengujian *black-box* untuk mengidentifikasi adanya kesalahan pada

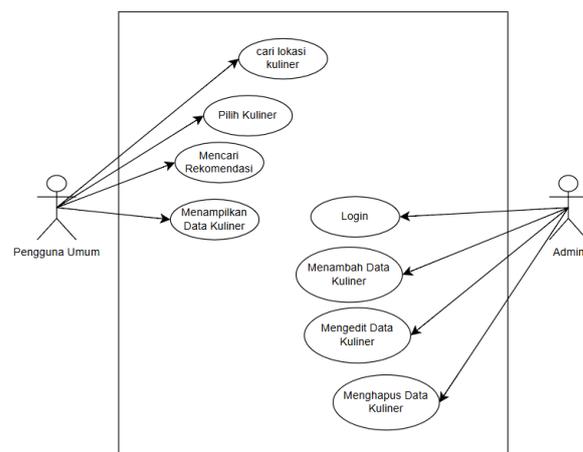
fitur-fitur tertentu sehingga dapat segera dilakukan perbaikan sebelum sistem diluncurkan.

Transition tahap *transition* merupakan fase akhir dalam siklus pengembangan yang mencakup proses *deployment*. *Deployment* adalah tahap penyerahan sistem aplikasi yang telah selesai dikembangkan kepada pengguna akhir, dengan tujuan agar sistem tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal dalam lingkungan operasional yang sesungguhnya [17].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Inceptio tahap ini dimulai dengan menentukan ruang lingkup sistem dan memahami kebutuhan dasar. Elemen penting dari tahapan ini adalah *business modelling* dan *requirements*. Pemodelan bisnis bertujuan untuk memahami alur pencarian kuliner khas Solo oleh pengguna, dimana sistem dirancang untuk mempermudah proses ini melalui rekomendasi otomatis sesuai preferensi. Sementara itu, analisis *requirements* berfokus pada identifikasi kebutuhan fungsional sistem serta peran pengguna dalam setiap fungsionalitas tersebut. Desain perancangan sistem disajikan dalam bentuk *use case diagram* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Use Case Diagram*

Elaboration merupakan tahap menentukan algoritma dengan pembobotan menggunakan algoritma TF-IDF dan *cosine similarity*. Tabel 1 menyajikan data *input* dan kuliner yang digunakan. Sebanyak 251 data tempat kuliner digunakan sebagai basis data awal untuk proses pembobotan dengan algoritma TF-IDF dan *cosine similarity*. Data ini mencakup nama makanan, *rating*, serta harga. Data *input* dari pengguna kemudian dibandingkan dengan seluruh *dataset* untuk menghitung tingkat kemiripan dan menentukan rekomendasi. Pada Tabel 1 berikut memuat nama kuliner/kriteria spesifik dari kuliner yang di-*input*-kan oleh *user*.

Tabel 1. Tabel Data *Input* dan Kuliner

Jenis	Nama Kuliner	Rating	Harga min	Harga Maks
<i>Input (user)</i>	selat sapi	≥ 4	1000	25000
Kuliner 1	Timlo Khas Solo	4.3	1000	25000
Kuliner 2	Soto Sapi Bu Hadi	4.8	25000	50000
Kuliner 3	Selat Solo Bu Rina	4.6	10000	25000
Kuliner 4	Dawet Telasih Mbak Genduk	4.9	1000	25000
Kuliner 5	Selat Pak To	4.3	10000	25000

Dari tabel tersebut kemudian dilakukan filter berdasarkan *rating* dan harga yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Filter Berdasarkan *Rating* & Harga

Nama Kuliner	Rating	Harga min	Harga Maks	Lolos Filter
Timlo Khas Solo	4.3	1000	25000	Tidak Lolos
Soto Sapi Bu Hadi	4.8	25000	50000	Tidak Lolos
Selat Solo Bu Rina	4.6	10000	25000	Lolos
Dawet Telasih Mbak Genduk	4.9	1000	25000	Tidak Lolos
Selat Pak To	4.3	10000	25000	Lolos

Pada Tabel 2 berisi hasil filter berdasarkan *rating* dan harga. Setelah proses filter data selanjutnya dilakukan tokenisasi dan perhitungan TF-IDF. Pada proses ini dilakukan pemecahan teks menjadi kata kunci dengan tujuan untuk memudahkan sistem dalam analisisnya.

Tokenisasi dan TF-IDF (Nama *Input*)

Input: "selat sapi" → Token: ["selat", "sapi"]

Semua Nama Kuliner (Deskripsi):

selat solo bu rina → ["selat", "solo", "bu", "rina"]

selat pak to → ["selat", "pak", "to"]

Proses perhitungan untuk setiap kata menggunakan algoritma TF-IDF yang dimulai dari perhitungan DF dan IDF diolah dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Perhitungan DF dan IDF

Term	DF	IDF Formula	IDF
selat	2	$\log((2+1)/(2+1)) + 1 = \log(1) + 1$	~1.000
sapi	0	$\log((2+1)/(0+1)) + 1 = \log(3) + 1$	~2,098
solo	1	$\log((2+1)/(1+1)) + 1 = \log(1.5) + 1$	~1.405
bu	1	$\log((2+1)/(1+1)) + 1 = \log(1.5) + 1$	~1.405
rina	1	$\log((2+1)/(1+1)) + 1 = \log(1.5) + 1$	~1.405
pak	1	$\log((2+1)/(1+1)) + 1 = \log(1.5) + 1$	~1.405
to	1	$\log((2+1)/(1+1)) + 1 = \log(1.5) + 1$	~1.405

Setelah perhitungan DF-IDF terolah langkah berikutnya yakni memberikan rekomendasi dengan mencari kemiripan teks data *input* dengan menggunakan *cosine similarity*. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

Input Vector ("selat sapi")

$$TF: \text{selat} = 1 \text{ sapi} = 1$$

TF-IDF:

$$\text{selat}: 1 \times 1.000 = 1.000$$

$$\text{sapi}: 1 \times 2,098 = 2.098$$

Kuliner 1: "selat solo bu rina"

$$TF: \text{selat} = 1, \text{ solo} = 1, \text{ bu} = 1, \text{ rina} = 1$$

TF-IDF:

$$\text{selat}: 1.000, \text{ solo}: 1.405, \text{ bu}: 1.405,$$

$$\text{rina}: 1.405$$

Cosine similarity:

Dot product

$$= (1.000 \times 1.000) + (2.098 \times 0) + (0 \times 1.405) + \dots$$

$$= 1.000$$

$$|A| = \sqrt{(1.000^2 + 2.098^2)} = \sim 2,324$$

$$|B| = \sqrt{(1.000^2 + 1.405^2 + 1.405^2 + 1.405^2)} = \sim 2.63$$

$$Sim = 1.000 / (2,324 \times 2.63) \approx 0,163$$

Kuliner 2: "selat pak to"

TF-IDF:

selat: 1.000, pak: 1.405, to: 1.405,

Dot product

$$=(1.000 \times 1.000) + (2.098 \times 0) + (0 \times 1.405) + (0 \times 1.405)$$

$$= 1.000$$

$$|B| = \sqrt{(1.000^2 + 1.405^2 + 1.405^2)} = \sim 2.225$$

$$\text{Sim} = 1.000 / (2,324 \times 2.225) \approx 0,193$$

Normalisasi *Rating* & Harga dilakukan untuk menyeimbangkan bobot antar aspek rekomendasi sehingga hasil dari rekomendasi tidak bias ke salah satu aspek. Proses ini berguna agar bisa digabungkan secara adil dengan hasil *cosine similarity*, sehingga sistem bisa memberi rekomendasi yang mempertimbangkan deskripsi + kualitas + harga secara seimbang. Adapun contoh perhitungannya adalah sebagai berikut.

Rating: Min = 4.3, Maks = 4.9

Harga Min: Min = 1000, Maks = 25000

Harga Maks: Min = 25000, Maks = 50000

Informasi mengenai hasil normalisasi *rating* dan harga dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Normalisasi *Rating* dan Harga

Kuliner	<i>Rating (norm)</i>	Harga (avg)	Harga (norm)
			(17500-13000)
Selat Solo Bu Rina	$(4.6-4.3)/(4.9-4.3) = 0.5$	17500	$/(37500-13000) \approx 0.184$
Selat Pak To	$(4.3-4.3)/(4.9-4.3) = 0$	17500	$(17500-13000)/(37500-13000) \approx 0.184$

Scoring Akhir

Gunakan bobot:

Nama (*cosine similarity*) = 0.1

Rating = 0.5

Harga = 0.4

Skor:

$$\text{Selat Solo Bu Rina} = 0,163 \times 0.1 + 0.5 \times 0.5 + 0.184 \times 0.4$$

$$= 0,3399$$

$$\text{Selat Pak To} = 0,193 \times 0.1 + 0 \times 0.5 + 0.184 \times 0.4 = 0,093$$

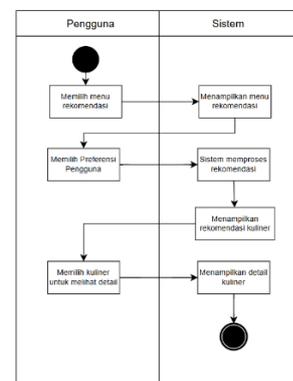
Rekomendasi Final (*Ranking*)

- Selat Solo Bu Rina (skor: 0.3399)

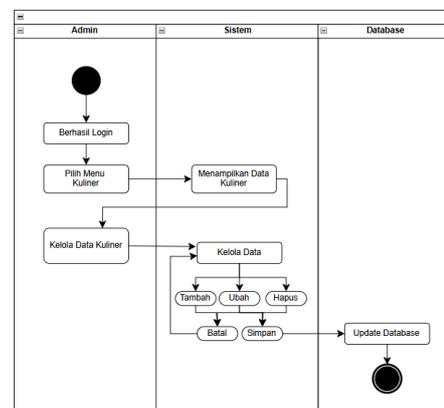
- Selat Pak To (skor: 0.093)

Dari Tabel 4 disimpulkan bahwa kuliner dengan skor akhir tertinggi adalah **Selat Solo Bu Rina** dengan skor **0.3399**, sehingga muncul sebagai rekomendasi utama untuk *input* selat sapi yang paling mirip dengan nama dan cocok *rating* serta harganya.

Perancangan terkait alur aktivitas sistem yang menggambarkan urutan langkah logis atau interaksi pengguna dengan sistem dibuat dalam bentuk *activity diagram*. *Activity diagram* sistem rekomendasi yang terdiri dari proses peng-*input*-an nama kuliner, *rating*, serta harga minimal dan maksimal yang dapat diakses oleh *user* pengguna. Hal ini ditunjukkan melalui *activity diagram* pada Gambar 4 untuk *user* dan Gambar 5 untuk admin. Adapun aksi yang dapat dilakukan oleh admin adalah menambahkan, mengedit, serta menghapus data kuliner.



Gambar 4. Activity Diagram Pengguna (*user*)



Gambar 5. Activity Diagram Admin

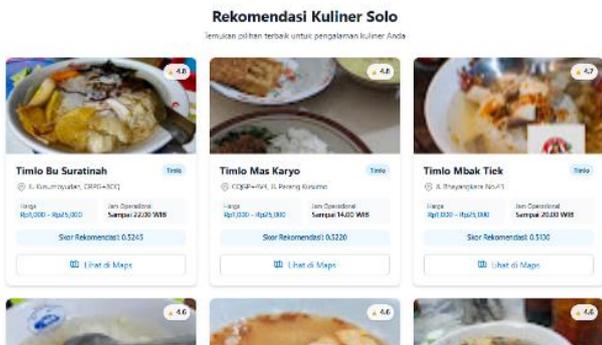
Construction terdiri dari 2 tahap yakni *implementation* dan *test*. *Implementation* merupakan tahap pengkodean sistem rekomendasi dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP dengan *framework Laravel* serta MySQL sebagai *database management system*. *Test* yang dilakukan pada sistem menggunakan pengujian *black-box*. Pengujian *black-box* dilakukan untuk menguji dan menganalisis apakah fitur pada sistem memiliki kesalahan serta dapat melakukan perbaikan apa bila terdapat kesalahan[17].

3.2 Tampilan Sistem *Interface* Aplikasi



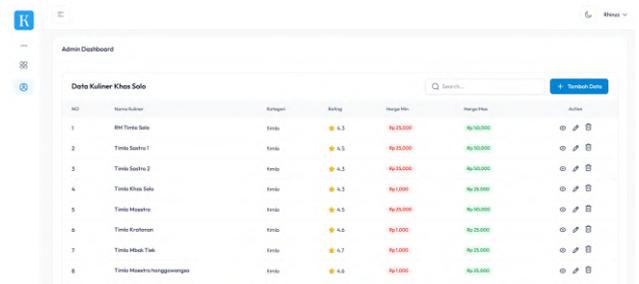
Gambar 6. Tampilan Fitur Pencarian Rekomendasi

Pada Gambar 6 merupakan tampilan *interface* awal sistem rekomendasi. Pada tampilan ini menunjukkan halaman utama ketika diakses oleh *user*. *User* dapat mengakses menu rekomendasi dan mencari rekomendasi kuliner dengan meng-*input* kriteria berdasarkan nama makanan, *rating*, harga.



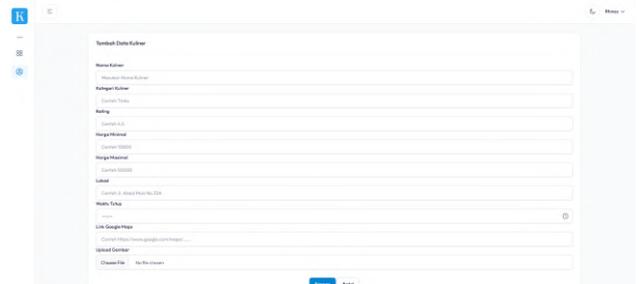
Gambar 7. Tampilan Fitur Hasil rekomendasi

Tampilan pada Gambar 7 memuat hasil rekomendasi yang muncul setelah *user* meng-*input*-kan kriteria dari kuliner yang diinginkan. Pada tampilan ini *user* dapat melihat jam operasional tempat kuliner serta dapat mengakses langsung lokasi tempat kuliner yang dipilih. Dalam tampilan ini dimunculkan hasil *scoring* akhir pembobotan yang menunjukkan tingkat relevansi atau kecocokan suatu item yang direkomendasikan.



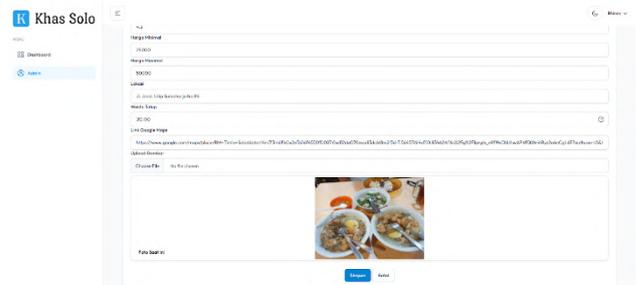
Gambar 8. Tampilan Kelola Data Kuliner

Pada Gambar 8 ditunjukkan *interface* sistem informasi pengelolaan data kuliner. Di halaman ini admin dapat menambah, mengubah, dan menghapus data kuliner yang diinginkan. Tampilan data kuliner ini hanya dapat diakses oleh admin untuk mengelola data kuliner pada sistem.



Gambar 9. Tampilan Tambah Data Kuliner.

Pada Gambar 9 merupakan tampilan dimana admin dapat menambahkan data kuliner yang ingin ditambahkan. Selain itu admin mampu melakukan perubahan data atau mengedit data yang sudah di-*input*-kan sebelumnya yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Edit data kuliner

Pada tahap *construction* peneliti melakukan pengujian terhadap sistem dengan menggunakan metode *black-box testing*. Pengujian ini berfungsi untuk menguji dan mendeteksi kesalahan pada fitur dan melakukan perbaikan dari kesalahan yang ada [18]. Hasil pengujian *black-box* disajikan dalam Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. *Blackbox testing* halaman rekomendasi

Fitur yang Diuji	Input / Aksi	Output yang Diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
Pencarian Kuliner	Ketik "timlo", klik Temukan	Muncul kuliner yang mengandung kata "timlo"	Muncul kuliner yang mengandung kata "timlo"	Sesuai

Fitur yang Diuji	Input / Aksi	Output yang Diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
Filter Rating	Pilih <i>rating</i> 4.1, klik Temukan	Hanya tampil kuliner dengan <i>rating</i> \geq 4.1	Hanya tampil kuliner dengan <i>rating</i> \geq 4.1	Sesuai
Filter Harga	Pilih Rp1.000 – Rp25.000	Hanya tampil kuliner dalam rentang harga tersebut	Hanya tampil kuliner dalam rentang harga tersebut	Sesuai
Gabungan Filter	Isi pencarian dan filter	Hasil sesuai pencarian dan kriteria <i>rating</i> & harga	Hasil sesuai pencarian dan kriteria <i>rating</i> & harga	Sesuai
Hasil Tidak Ditemukan	Ketik kata acak seperti "zzz"	Muncul pesan/tampilan "tidak ditemukan"	Muncul pesan/tampilan "tidak ditemukan"	Sesuai
Klik Kuliner	Klik lihat di <i>maps</i> salah satu kuliner	Menuju Google Maps dengan tujuan Kuliner Tersebut	Menuju Google Maps dengan tujuan Kuliner Tersebut	Sesuai

Tabel 6. *Blackbox testing* halaman kelola data kuliner

Input / Aksi	Output yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
Pilih opsi menu data	Muncul tampilan menu data	Muncul tampilan menu data	Sesuai
Pilih opsi menu tambah data	Muncul tampilan <i>form</i> tambah data	Muncul tampilan <i>form</i> tambah data	Sesuai
Pilih opsi menu edit data	Muncul tampilan <i>form</i> edit data	Muncul tampilan <i>form</i> edit data	Sesuai
Pilih opsi menu hapus data	Kuliner yang dipilih berhasil dihapus	Kuliner yang dipilih berhasil dihapus	Sesuai
Pilih opsi menu lihat detail data	Muncul tampilan detail data	Muncul tampilan detail data	Sesuai

Transition atau tahap akhir merupakan proses penyerahan sistem kepada calon pengguna dan pelatihan untuk pengguna baru dengan harapan sistem dapat digunakan dan berjalan dengan baik.

Sistem rekomendasi yang dikembangkan dalam penelitian bersifat dinamis, dimana hasil rekomendasi dapat berubah sesuai apabila terdapat perubahan data kuliner, khususnya *rating* dan harga. Sebagai contoh, apabila salah satu tempat kuliner yang awalnya memiliki *rating* 4.6 meningkat menjadi 4.9, maka skor normalisasi *rating*-nya juga meningkat, yang pada akhirnya menaikkan nilai akhir skor rekomendasi.

4. KESIMPULAN

Pengembangan sistem rekomendasi menggunakan metode *Content-Based Filtering* dengan pendekatan *Rational Unified Process* (RUP) pengujian dilakukan terhadap 251 data kuliner ikonik Kota Solo. Hasil akhir menunjukkan bahwa *input "selat sapi"* menghasilkan rekomendasi:

1. Selat Solo Bu Rina (skor: 0.3399)
2. Selat Pak To (skor: 0.093)

Pengujian fungsional menggunakan metode *black-box* terhadap enam skenario utama menunjukkan keberhasilan 100%, dimana semua fitur sistem menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi kuliner yang akurat dan relevan sesuai dengan preferensi pengguna. Hasil rekomendasi tidak bersifat tetap dan dapat berubah secara

otomatis sesuai dengan pembaruan data *rating* terbaru yang ada di *database*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Bapak Pramono, S.Kom, M.Kom dan Bapak Joni Maulindar, S.Kom, M.Eng yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada pihak Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri yang telah memberikan fasilitas serta dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data dan pengembangan sistem. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi informasi, terutama dalam bidang sistem rekomendasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Faurina and E. Sitanggang, "Implementasi Metode Content-Based Filtering dan Collaborative Filtering pada Sistem Rekomendasi Wisata di Bali," *Techno.Com*, vol. 22, no. 4, pp. 870–881, 2023, doi: 10.33633/tc.v22i4.8556.
- [2] Agustina Mellyani and Dewi Ayu Kusumaningrum 2, "Potensi Kuliner Tradisional Khas Keraton Surakarta, Solo, Jawa Tengah," *J. Sains Terap. Pariwisata*, vol. 5, no. 3, pp. 302–312, 2020.
- [3] S. Yulianto, F. Pradapa, and M. F. Nurul, "Integrasi Kuliner dalam Meningkatkan Daya Tarik

- Pariwisata Kota Surakarta,” vol. 15, no. September, pp. 125–131, 2024, doi: 10.31294/khi.v15i2.23146.
- [4] R. H. Mondy, A. Wijayanto, and Winarno, “Recommendation System with Content-based Filtering Method for Culinary Tourism in Mangan Application,” *ITSMART J. Ilm. Teknol. dan Inf.*, vol. 8, no. 2, pp. 65–72, 2019.
- [5] I. Ilhamsyah, S. Rahmayuda, D. M. Midyanti, and S. Martha, “Pemodelan Sistem Rekomendasi Restoran berdasarkan Preferensi Pengguna dengan Pendekatan Content-Based Filtering,” *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 10, no. 1, p. 154, 2024, doi: 10.26418/jp.v10i1.74008.
- [6] D. Mirwansyah and D. Mahdiana, “Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web : Tinjauan Literatur Sistematis (SLR),” *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 18, no. 1, p. 52, 2022, doi: 10.30872/jim.v18i1.11706.
- [7] Nanang, Rahmawati, and S. M. S. Putri, “Perancangan Aplikasi Rekomendasi Produk Reksadana dengan Metode Content-Based Filtering,” *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 901–909, 2025, doi: 10.32877/bt.v7i3.2247.
- [8] S. M. Fani, R. Santoso, and S. Suparti, “Penerapan Text Mining Untuk Melakukan Clustering Data Tweet Akun Blibli Pada Media Sosial Twitter Menggunakan K-Means Clustering,” *J. Gaussian*, vol. 10, no. 4, pp. 583–593, 2021, doi: 10.14710/j.gauss.v10i4.30409.
- [9] H. Sari, G. Leonarde Ginting, and T. Zebua, “Penerapan Algoritma Text Mining Dan Tf-Idf Untuk Pengelompokan Topik Skripsi,” *Terap. Inform. Nusant.*, vol. 2, no. 7, pp. 414–432, 2021, [Online]. Available: <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin>
- [10] A. A. Huda, R. Fajarudin, and A. Hadinegoro, “Sistem Rekomendasi Content-based Filtering Menggunakan TF-IDF Vector Similarity Untuk Rekomendasi Artikel Berita,” *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 1679–1686, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i3.2511.
- [11] D. Septiani and I. Isabela, “Analisis Term Frequency Inverse Document Frequency (Tf-Idf) Dalam Temu Kembali Informasi Pada Dokumen Teks,” *SINTESIA J. Sist. dan Teknol. Inf. Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 81–88, 2022.
- [12] L. Yahya and M. Mulyati, “Rancang Bangun Sistem Informasi Menggunakan Metode Rational Unified Process (Rup) Pada Salon Mobil Scuto,” *Klik - J. Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 101–106, 2022, doi: 10.56869/klik.v3i2.383.
- [13] R. Perwitasari, R. Afawani, and S. E. Anjarwani, “Penerapan Metode Rational Unified Process (RUP) Dalam Pengembangan Sistem Informasi Medical Check Up Pada Citra Medical Centre,” *J. Teknol. Informasi, Komputer, dan Apl. (JTika)*, vol. 2, no. 1, pp. 76–88, 2020, doi: 10.29303/jtika.v2i1.85.
- [14] D. Irdayani Souliisa, “Penerapan Metode Rup Untuk Menganalisis Sistem E-Konseling (Studi Kasus Smp Negeri 6 Kota Sorong),” *Sosced*, vol. 6, no. 1, pp. 100–110, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekstpaul.ac.id/index.php/jsosced/article/view/604>
- [15] K. Hakim, J. Jaroji, and M. A. Subandri, “Penerapan Metode Rational Unified Process (Rup) Pada Pembuatan Aplikasi Public Speaking,” *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, pp. 250–259, 2021, [Online]. Available: <https://snit-polbeng.org/eprosiding/index.php/snit/article/download/225/178>
- [16] L. Cahyani, N. Saphiana, M. Tahir, and J. Aisyiah, “Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner Madura Menggunakan Content Based Filtering,” *Explor. J. Keilmuan dan Apl. Tek. Inform.*, vol. 16, no. 1, pp. 31–38, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/EXPLOR-E-IT/>
- [17] L. Hadjaratie *et al.*, “Pendekatan Rational Unified Process Dalam Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Web Mobile,” *Jambura J. Informatics*, vol. 5, no. 2, pp. 120–130, 2023, doi: 10.37905/jji.v5i2.21469.
- [18] M. A. Marwan, N. Umniati, R. A. Tjiptanata, and R. Budiarto, “Penerapan Metode Rational Unified Process (Rup) Dalam Pembuatan Web Pembelajaran Elektronik Untuk Sekolah Menengah Pertama,” *Rabit J. Teknol. dan Sist. Inf. Univrab*, vol. 7, no. 2, pp. 137–146, 2022, doi: 10.36341/rabit.v7i2.2457.

Jurnal Teknologi Terpadu
Volume 11 No. 1, Juli 2025

Daftar Isi

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Karyawan Tetap PT. Global Autoparts Pratama dengan Metode TOPSIS	1
Oswaldus Asal, Risa Prayudhi, Ninuk Riesmiyantiningtias, Anjas Ramadhani	
Pengembangan Sistem Informasi Akreditasi Program Studi Berbasis Web di Fakultas Teknik Universitas Udayana	12
Ni Made Cyntia Utami, Ni Luh Putu Lilis Sinta Setiawati, Anak Agung Istri Agung Sri Komaladewi, Ferdiansyah Pratama Putra Setyawan	
Sistem Perangkingan Menentukan Fakultas Terbaik Penerapan Zona Integritas Menggunakan Metode SAW	20
Sri Dewi, Ichwanul Muslim Karo Karo, Eviyona Laurenta Barus	
Sistem Klasifikasi Berbasis <i>Android</i> untuk Penyakit Buah Kakao Menggunakan CNN <i>NasNet-Mobile</i>	27
Gregorius Albertus Setu Gado, Putri Noraisya Primandari	
Komparasi Algoritma <i>Machine Learning</i> dalam Memprediksi Kapasitas Produksi Potensial Air Bersih di Indonesia	36
Tatang Rohana, Hilda Yulia Novita, Euis Nurlailasari	
Rancang Bangun <i>Website Smartbeez</i> sebagai Platform Edukasi <i>Parenting</i> dan Calistung Anak Berbasis <i>Waterfall</i>	44
Maura Aqlaila Rasyade, Apriade Voutama	
Klasifikasi Penyakit Daun Singkong Menggunakan <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> dengan Arsitektur VGG16 Berbasis Android	53
Annisa Mustika Anggraeni, Teguh Iman Hermanto, Imam Maruf Nugroho	
Sistem Penilaian Kinerja untuk Pengembangan SDM pada PT SIT Global Systems dengan Metode AHP	60
Anjani Setiawati, Alusyanti Primawati, Tri Yani Akhirina	
Pemanfaatan IoT untuk Efisiensi Energi pada Pabrik Pintar: Tantangan, Solusi dan Tren Teknologi	70
Ewin Suciana, Muhammad Hudzaifah Nasrullah, Duta Arief Christanto, Dede Cahyadi, Lilik Tiara Giantri	
Sistem Rekomendasi Kuliner Ikonik Kota Solo Menggunakan Metode <i>Content Based Filtering</i>	78
Muchalim Danu Warta, Pramono, Joni Maulindar	

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

