

JURNAL REKAYASA INFORMASI SWADHARMA

TERAKREDITASI SINTA 3

Volume 6 Nomor 2 – Juli 2026



PENGEMBANGAN SISTEM MANAJEMEN HUBUNGAN PELANGGAN UNTUK PENANGANAN KELUHAN DENGAN METODE WATERFALL BERBASIS WEB PADA PT. LEXXA SHOES Harun Ar-Rasyid, Adi Sopian, Dartono, Jamah Sari, Leli Putriani Gulo	1 – 6
APLIKASI PENGENALAN TARIAN TRADISIONAL DAYAK KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY Nisa Aulya Ramadhana, Muh. Basri, Marlina, Ade Hastuty, Untung Suwardoyo	7 – 15
KLASIFIKASI PRESTASI AKADEMIK MAHASISWA MENGGUNAKAN METODE RANDOM FOREST Serly Sustiana Saputri, Dwi Remawati, Teguh Susyanto, Wawan Laksito Yuly Saptomo	16 – 23
ANALISIS PENGARUH FITUR EMOSI MUSIK TERHADAP POPULARITAS LAGU SPOTIFY MENGGUNAKAN RANDOM FOREST DAN SHAP Giatika Chrisnawati, Muhammad Taqy Hafizh, Hisar Maini Siregar, Faizah Nabilah	24 – 32
IMPLEMENTASI REST API GOLANG PADA SISTEM PRESENSI WAJAH BERBASIS FACE EMBEDDING ARCFACE Septian Dwiky Hermawan, Landung Sudarmana, Gustina Sapriani	33 – 42
PERANCANGAN WEBSITE GRIYA COFFEE 100 DENGAN PENDEKATAN MULTIMEDIA INTERAKTIF Kenneth Ray Vici Lengkong, Rakha Sangkara Aryaputra, Jefri Rahmadian	43 – 50
PENGEMBANGAN APLIKASI CELLOT SHOES JASA LAYANAN ANTAR – JEMPUT LAUNDRY SEPATU BERBASIS WEB Anggiko Bhisara, Arka Aden Cahya, Hendri Mahmud Nawawi	51 – 59
PERANCANGAN UI/UX APLIKASI RESERVASI PANGKAS RAMBUT DENGAN METODE DESIGN THINKING Syilla Arviani Putri Aisyah, Muhammad Labib Jundillah, Muhammad Rivani Ibrahim	60 – 69
ANALISIS PENERIMAAN PENGGUNA DIGITAL SIGNATURE PADA SISTEM SAKTI DENGAN PENDEKATAN TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM) Muhamad Geby Ramadan Roring, Pratiwi Rachmadi, Agnes Novita Ida Safitri, Lucia Sri Istiyowati, Deden Prayitno	70 – 85
SISTEM INFORMASI DESA JEMBARWANGI: INOVASI BERBASIS WEB UNTUK MENANGKAT POTENSI LOKAL Peti Savitri, Dhema Yunautama, Fitri Sya'bandyah, Diky Ramadhani	86 – 92
dan lima paper lainnya ...	... – 146

JRIS
Penerbit
**Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM)
Institut Teknologi dan Bisnis Swadharma (ITBS)**

JRIS : JURNAL REKAYASA INFORMASI SWADHARMA

TERAKREDITASI SINTA 3 - SK No. 355/DST/D.D1/HM.01.01/2026

PENANGGUNG JAWAB

Kepala LPPM ITB Swadharma Jakarta

MANAGING EDITOR

Ahmad Fitriansyah, M.Kom

EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Usanto S., S.Kom, M.Kom

Dewan Editor

Aniek Suryanti Kusuma, M.Kom (Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia Bali)
Azahari, M.Kom (STMIK Widya Cipta Dharma Samarinda)
Ir. Bambang Suhartono, S.Kom, MM, M.Kom(Univ. Insan Pembangunan Indonesia)
Hairul Fahmi, S.Kom, M.Kom (STMIK Lombok)
I Gusti Ngurah Nyoman Bagiartha, SE, M.Kom (ITB STIKOM Bali)
Lela Nurlaela, ST, M.Kom (ITB Swadharma Jakarta)
Marwan Hakim, M.Kom (STMIK Syaikh Zainuddin Nahdlatul Wathan Lombok Timur)
Muhammad Syarif Hartawan, S.Kom, M.Kom (Universitas Krisnadwipayana Jakarta)
Ni Nyoman Utami Januhari, SH, M.Kom (ITB STIKOM Bali)
Sri Ipinuwati, S.Kom, M.Kom (Institut Bakti Nusantara Lampung)
Ir. Yogasetya Suhandha, M.Sc (ITB Swadharma Jakarta)

Mitra Bebestari (Peer Reviewer)

Prof. Dr. Dahlan Abdullah, ST, M.Kom (Universitas Malikussaleh Aceh Utara)
Prof. Dr. Ir. Dewa Gede Hendra Divayana, S.Kom,M.Kom (Univ. Pend. Ganesha Bali)
Prof. Dr. Ir. Henderi, S.Kom, M.Kom (Universitas Raharja Tangerang)
Dr. Dwinita Arwidiyarti, M.Kom (Universitas Teknologi Mataram)
Dr. Rufman Iman Akbar Effendi, SE, MM, M.Kom (Universitas Pembangunan Jaya)
Dr. Sarwo, S.Kom, M.Kom (Universitas Bina Nusantara Jakarta)
Dr. Susanti Margaretha Kuway, S.Kom, M.Kom (STMIK Pontianak)
Dr. Tata Sutabri, S.Kom, MMSI (Universitas Bina Darma Palembang)
Dr. Trinugi Wira Harjanti, ST, M.Kom (STTI NIIT Jakarta)
Dr. Yasin Efendi, S.Kom, M.Kom (Universitas Muhammadiyah Jakarta)

Penerbit

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM)
Institut Teknologi dan Bisnis Swadharma Jakarta

PENGANTAR EDITORIAL

Dengan puji syukur kehadiran Tuhan YME, Jurnal JRIS Volume 6 Nomor 2 Juli 2026 telah dapat diterbitkan. Edisi ini memuat hasil penelitian dalam bidang pengelolaan dan rekayasa informasi seperti topik-topik sistem pendukung keputusan, sistem informasi berbasis komputer, data mining, data scientists, tata kelola teknologi informasi, *information retrieval* system, audit sistem informasi, manajemen pengetahuan berbasis sistem informasi, *smart city*, sosial media, dan kecerdasan bisnis. Semua artikel yang diterbitkan telah melalui proses telaah oleh mitra bestari dengan menggunakan sistem pengelolaan jurnal secara elektronik (OJS).

Pada edisi ini telah dimuat 15 (lima belas) paper yang berasal dari internal ITB Swadharma sebanyak 2 paper, sedangkan 13 paper lainnya masing-masing satu paper dari Universitas Muhammadiyah Parepare, Universitas Tiga Serangkai Surakarta, Universitas Bina Sarana Informatika Jakarta, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta, Sekolah Tinggi Teknologi Informasi NIIT I-Tech Jakarta, Universitas Nusa Mandiri Jakarta, Universitas Mulawarman Samarinda, Perbanas Institute Jakarta, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung, Universitas Krisnadwipayana Jakarta, Universitas Majalengka, Universitas Pamulang Tangerang Selatan, dan Universitas Mercu Buana Yogyakarta.

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada para penulis yang sudah mempercayakan penerbitan artikelnya di Jurnal JRIS, serta telah mengikuti setiap tahapan proses penerbitan artikel secara baik. Semoga terbitan Jurnal JRIS edisi ini dapat memberikan kontribusi kepada perkembangan penelitian di bidang keilmuan di bidang sistem informasi.

Jakarta, 25 Juli 2026

Managing Editor

JRIS : JURNAL REKAYASA INFORMASI SWADHARMA

Volume 06 Nomor 02, Juli 2026

DAFTAR ISI

	Halaman
Susunan Redaksi	i
Pengantar Editorial	ii
Daftar Isi	iii
1. PENGEMBANGAN SISTEM MANAJEMEN HUBUNGAN PELANGGAN UNTUK PENANGANAN KELUHAN DENGAN METODE WATERFALL BERBASIS WEB PADA PT. LEXXA SHOES Harun Ar-Rasyid, Adi Sopian, Dartono, Jamah Sari, Leli Putriani Gulo	1 – 6
2. APLIKASI PENGENALAN TARIAN TRADISIONAL DAYAK KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY Nisa Aulya Ramadhana, Muh. Basri, Marlina, Ade Hastuty, Untung Suwardoyo	7 – 15
3. KLASIFIKASI PRESTASI AKADEMIK MAHASISWA MENGGUNAKAN METODE RANDOM FOREST Serly Sustiana Saputri, Dwi Remawati, Teguh Susyanto, Wawan Laksito Yuly Sptomomo	16 – 23
4. ANALISIS PENGARUH FITUR EMOSI MUSIK TERHADAP POPULARITAS LAGU SPOTIFY MENGGUNAKAN RANDOM FOREST DAN SHAP Giatika Chrisnawati, Muhammad Taqy Hafizh, Hisar Maini Siregar, Faizah Nabilah	24 – 32
5. MPLEMENTASI REST API GOLANG PADA SISTEM PRESENSI WAJAH BERBASIS FACE EMBEDDING ARCFACE Septian Dwiky Hermawan, Landung Sudarmana, Gustina Sapriani	33 – 42
6. PERANCANGAN WEBSITE GRIYA COFFEE 100 DENGAN PENDEKATAN MULTIMEDIA INTERAKTIF Kenneth Ray Vici Lengkong, Rakha Sangkara Aryaputra, Jefri Rahmadian	43 – 50
7. PENGEMBANGAN APLIKASI CELLOT SHOES JASA LAYANAN ANTAR- JEMPUT LAUNDRY SEPATU BERBASIS WEB Anggiko Bhisara, Arka Aden Cahya, Hendri Mahmud Nawawi	51 – 59
8. PERANCANGAN UI/UX APLIKASI RESERVASI PANGKAS RAMBUT DENGAN METODE DESIGN THINKING Syilla Arviani Putri Aisyah, Muhammad Labib Jundillah, Muhammad Rivani Ibrahim	60 – 69

9.	ANALISIS PENERIMAAN PENGGUNA DIGITAL SIGNATURE PADA SISTEM SAKTI DENGAN PENDEKATAN TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM) Muhamad Geby Ramadan Roring, Pratiwi Rachmadi, Agnes Novita Ida Safitri, Lucia Sri Istiyowati, Deden Prayitno	70 – 85
10	SISTEM INFORMASI DESA JEMBARWANGI: INOVASI BERBASIS WEB UNTUK MENANGKAT POTENSI LOKAL Peti Savitri, Dhema Yunautama, Fitri Sya'bandyah, Diky Ramadhani	86 – 92
11	INTEGRASI BUSINESS INTELLIGENCE DAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA: TINJAUAN SISTEMATIS BERBASIS PRISMA Heni Lestari, Wargijono Utomo	93 – 103
12	EVOLUSI PENDEKATAN DEEP LEARNING BERBASIS ATTENTION MECHANISM PADA PENINGKATAN RESOLUSI CITRA: TINJAUAN KOMPREHENSIF Dezein Hibatullah, Ruli Susanti	104 – 114
13	PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI BIMBINGAN BELAJAR BERBASIS WEB UNTUK EFISIENSI OPERASIONAL BEE HIVE Satria Nur Fajriansyah, Muhammad Subaktiar Wijaya, Daffa Ariftha Eryana, Alaudin Safa, Harsya Rafif Pramadhan, Arya Wicaksono, Muhammad Ilham Baehaqi, Filius Deivivi, Dandy Nurfajriansyah, Sopiyan Apandi	115 – 126
14	REKAYASA SISTEM INFORMASI PEMBELIAN BARANG BERDASARKAN PERMINTAAN PELANGGAN PADA PT KUSUMA MEGAHPERDANA Hari Suryantoro, Tannia Regina, Riza Syahrial, Yogaetya Suhandi, Zakiyatusifa	127 – 137
15	KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KUE PUKIS ORIGINAL MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) Gerardus Berek, Supatman	138 – 146

PENGEMBANGAN SISTEM MANAJEMEN HUBUNGAN PELANGGAN UNTUK PENANGANAN KELUHAN DENGAN METODE WATERFALL BERBASIS WEB PADA PT. LEXXA SHOES

Harun Ar-Rasyid¹⁾, Adi Sopian²⁾, Dartono³⁾, Jamah Sari⁴⁾, Leli Putriani Gulo⁵⁾

¹Prodi Sains Data, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

^{2,3,4}Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

⁵Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

Correspondence author: H Ar-Rasyid, harun@swadharma.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

Ease of information exchange influences consumer behaviour toward a product or service. Customer Relationship Management (CRM) is a vital part of a customer satisfaction-oriented business strategy; a quick and accurate response to complaints can determine customer loyalty. The objective of this research was to develop a web-based Customer Relationship Management system. The research and development method used was the Waterfall system development methodology. The research resulted in a web-based application for handling and following up on consumer complaints. The testing results showed the system performed well as planned. Management was able to monitor all incoming complaints and their responses accurately. Further system development could include additional functionality to track trends in customer issues.

Keywords : *customer relationship management, complaint handling, information system, web-based*

Abstrak

Kemudahan dalam pertukaran informasi mempengaruhi perilaku konsumen terhadap sebuah produk atau layanan. *Customer Relationship Management (CRM)* menjadi bagian vital dalam strategi bisnis berorientasi pada kepuasan pelanggan, respon cepat dan tepat terhadap keluhan dapat menentukan loyalitas pelanggan. Tujuan penelitian untuk mengembangkan sistem *Customer Relationship Management* berbasis web. Metode yang digunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan metode pengembangan sistem *Waterfall*. Hasil penelitian berupa aplikasi berbasis web untuk penanganan keluhan konsumen dan tindak lanjutnya. Hasil pengujian menunjukkan sistem berjalan dengan baik sesuai dengan rencana. Pimpinan dapat memonitor dengan baik semua keluhan yang masuk secara akurat dan respon penanganannya. Pengembangan sistem selanjutnya bisa ditambahkan fungsi agar dapat ditelusuri tren dari permasalahan yang terjadi pada konsumen.

Kata Kunci : manajemen hubungan pelanggan, penanganan keluhan, sistem informasi, berbasis web

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat membuat orang dapat bertukar informasi antar kota, antar negara, bahkan antar benua sekalipun, tidak ada lagi batas-batas geografis yang menghalangi kita untuk berinteraksi dengan dunia global (Kawengian et al., 2025). Kemudahan dalam pertukaran informasi ini telah mempengaruhi pandangan dan perilaku konsumen terhadap sebuah produk atau layanan. Untuk itu diperlukan sebuah analisis untuk memahami perilaku konsumen dalam konteks *Customer Relationship Management* (Fitria, 2024; Hia et al., 2022).

Customer Relationship Management (CRM) bukan hanya sekadar strategi pemasaran, tetapi merupakan pendekatan menyeluruh dalam membangun, memelihara, dan mengelola hubungan dengan pelanggan secara berkelanjutan (Dharmalau et al., 2021). CRM melibatkan analisis perilaku konsumen, pengumpulan data yang sistematis, serta pengelolaan informasi pelanggan untuk meningkatkan kepuasan, loyalitas, dan nilai jangka panjang baik bagi pelanggan maupun perusahaan (Fitriany & Mulyono, 2023).

PT. Lexxa Shoes sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan penjualan sepatu saat ini menghadapi tantangan signifikan dalam penanganan keluhan pelanggan. Sistem manual yang masih digunakan menimbulkan berbagai permasalahan seperti kesulitan dalam pelacakan status keluhan, keterlambatan penanganan, hingga hilangnya informasi penting dalam proses komunikasi.

Kondisi ini tidak hanya mempengaruhi efisiensi operasional perusahaan tetapi juga berdampak negatif pada tingkat kepuasan pelanggan. Berdasarkan data internal perusahaan, rata-rata waktu penyelesaian keluhan mencapai 7-10 hari kerja, jauh di atas standar industri yang berkisar 2-3 hari kerja.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait permasalahan dan penanganan keluhan pelanggan memberikan sumber masukan antara lain Penelitian yang dilakukan oleh Po Abas Sunarya dkk yang menghasilkan sebuah sistem yang memudahkan pelanggan dalam menyampaikan keluhan dan termonitoring dengan baik, dalam sebuah laporan keluhan pelanggan yang akurat (Sunarya et al., 2022). Penelitian lain oleh M.Haikal Jawahir dkk menghasilkan sebuah aplikasi berbasis website untuk merancang dan mengimplementasikan sistem CRM yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan (Jawahir et al., 2024). Pengembangan sistem *Customer Relationship Management* (CRM) berbasis website menjadi solusi strategis yang dapat mengatasi permasalahan tersebut (Usanto et al., 2026).

Sistem yang dibangun berbasis website sehingga memungkinkan para pengguna dapat berhubungan dan bekerja dengan lokasi yang berbeda (Rosmalina & Kasifatul M, 2024). Sistem informasi ini akan mengintegrasikan seluruh proses penanganan keluhan mulai dari pencatatan, kategorisasi, eskalasi, hingga penyelesaian dan analisis pasca penanganan (Lowoema et al., 2024). Dengan pendekatan terintegrasi, perusahaan dapat memonitor seluruh keluhan dalam satu platform. menetapkan prioritas penanganan berdasarkan tingkat urgensi, serta mengalokasikan sumber daya secara efektif. Selain itu, sistem ini memungkinkan pelanggan untuk melacak status keluhan mereka secara real-time, meningkatkan transparansi dan kepercayaan terhadap komitmen perusahaan (Setiadi & Siswanto, 2022).

Implementasi sistem CRM berbasis website ini diharapkan dapat memberikan manfaat signifikan bagi PT. Lexxa Shoes, baik dari segi operasional maupun strategis. Dari perspektif operasional, sistem ini akan meningkatkan efisiensi penanganan keluhan dengan mengurangi waktu penyelesaian dan

meminimalisir kesalahan akibat proses manual.

Sementara dari perspektif strategis, data dan analitik yang dihasilkan dari sistem dapat menjadi landasan pengambilan keputusan penting terkait pengembangan produk, peningkatan layanan, dan strategi pemasaran. Dengan demikian, investasi pada pengembangan sistem ini tidak hanya berfokus pada penyelesaian masalah jangka pendek tetapi juga sebagai pondasi untuk pertumbuhan bisnis yang berkelanjutan di masa depan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan sistem (*Research and Development*) dengan pendekatan kualitatif. Metode penelitian pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Arhami et al., 2023). Dalam konteks penelitian ini, produk yang dihasilkan adalah sistem manajemen hubungan pelanggan untuk penanganan keluhan berbasis web pada PT. Lexxa Shoes

Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini membutuhkan pemahaman mendalam tentang proses bisnis, kebutuhan pengguna, dan tantangan dalam penanganan keluhan pelanggan di PT. Lexxa Shoes. Data diperoleh melalui wawancara dengan stakeholder, observasi langsung pada proses bisnis yang sedang berjalan, dan analisis dokumen terkait.

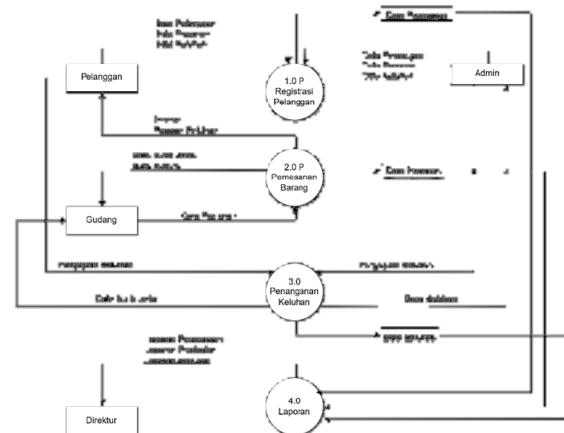
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Lexxa Shoes merupakan salah satu toko yang berlokasi di Pusat Grosir Pasar Pagi Mangga Dua. Perusahaan ini hanya melayani pembelian dalam jumlah grosir dan tidak melayani pembelian eceran. Konsep bisnis ini memungkinkan pelanggan yang membeli secara grosir untuk menjual kembali produk dalam

bentuk eceran. Harga grosir yang lebih murah dibandingkan harga eceran memberikan keuntungan bagi penjual barang eceran. Sistem pemesanan sepatu di PT. Lexxa Shoes dilakukan dengan cara memesan berdasarkan kode tipe, warna, dan ukuran kepada perusahaan.

Prosedur Sistem Berjalan

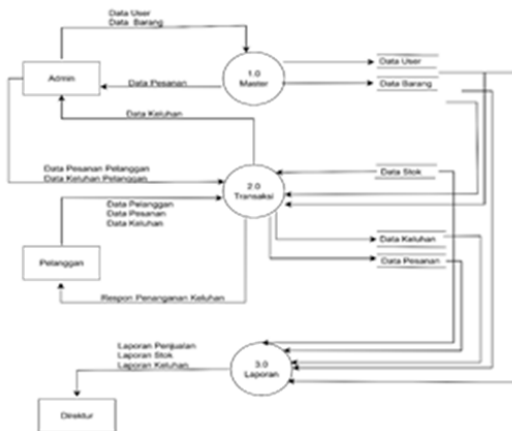
Data flow diagram ini terdiri dari beberapa diagram yang masing-masing diagram menggambarkan tingkat proses yang terjadi dalam sistem penanganan keluhan pelanggan PT Lexxa Shoes, yang digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Level nol Berjalan

Perancangan Sistem

Untuk mendukung perancangan pengembangan sistem CRM untuk PT. Lexxa Shoes, akan digambarkan *data flow diagram* untuk dijadikan model yang nantinya akan digunakan dalam membuat program. Dibawah ini adalah gambar diagram level nol sistem usulan:



Gambar 2. Diagram Level 0 Sistem Usulan



Gambar 4. Entity relationship diagram (ERD)

Use case diagram berfungsi untuk mengetahui ruang lingkup suatu sistem, sehingga pada saat proses pembuatan menjadi lebih mudah dikelola dan tidak membuang waktu untuk membuat yang tidak perlu.



Gambar 3. Use case diagram

Entity relationship diagram (ERD) merupakan suatu model untuk menjelaskan hubungan antar data dalam basis data berdasarkan objek-objek dasar data yang mempunyai hubungan antar relasi. Entitas atas objek yang datanya dicetak atau direkam.

Implementasi Sistem

Rancangan *user interface* merupakan tampilan sistem dari sistem yang diusulkan. Implementasi sistem manajemen penanganan keluhan pelanggan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5. Halaman Login



Gambar 6. Rancangan Halaman Utama



Gambar 7. Halaman List Data User



Gambar 8. Halaman Pelanggan



Gambar 9. Halaman Keluhan



Gambar 10. Halaman Respon Keluhan

Analisa Kebutuhan Implementasi Sistem

Adapun perangkat lunak untuk menjalankan sistem ini adalah :

1. Sistem Operasi berbasis windows 10 Pro 64bit
2. Aplikasi XAMPP versi 5.6.28 dan bahasa pemrograman HTML, PHP, dan Javascript
3. Database dengan menggunakan MySQL

Sedangkan kebutuhan perangkat keras untuk menjalankan sistem ini adalah :

1. Prosesor : AMD Raizen 7 5800H
2. RAM : 16 Gb
3. SSD : 1000 GB

Analisis Kelayakan Sistem

Sistem yang dirancang secara teknologi sangat memadai karena baik *hardware*

maupun *software* tersedia di pasaran dan mudah diperoleh. Sehingga secara teknologi layak untuk diimplementasikan.

Kelayakan operasional pengembangan sistem yang akan dilakukan dengan melihat SDM yang ada, untuk kebutuhan pengguna yang terdiri dari empat orang. dalam hal ini Admin system, customer service, manager CRM dan pimpinan mampu menggunakan aplikasi tersebut setelah mengikuti pelatihan untuk menggunakan aplikasi tersebut, sehingga sistem layak untuk operasional.

D. PENUTUP

Hasil dari penelitian yang dilakukan pada PT. Lexxa Shoes sebagai perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan penjualan sepatu saat ini menghadapi tantangan signifikan terkait dengan pelayanan pelanggan. Pengembangan sistem *Customer Relationship Management* (CRM) berbasis web menjadi solusi strategis yang dapat mengatasi permasalahan yang ada. Hasil uji yang telah dilakukan sistem berjalan dengan baik sesuai dengan rencana. Pimpinan dapat memonitor keluhan yang masuk secara akurat dan respon yang dilakukan sebagai penanggannya.

Untuk pengembangan sistem selanjutnya bisa di kombinasikan dengan data sains sehingga dapat ditelusuri tren dari permasalahan yang terjadi pada konsumen.

E. DAFTAR PUSTAKA

Arhami, M., Husaini, Huzaeni, Salahuddin, & Rudi, F. Y. (2023). *Metodologi Penelitian Untuk Teknologi Informasi dan Komputer*. Yogyakarta : Andi.

Dharmalau, A., Suhandi, Y., & Nurlaela, L. (2021). Perancangan Sistem Informasi Pelayanan Purna Jual Berbasis *Customer Relationship Management*. *JRIS: Jurnal Rekayasa Informasi Swadharma*, 01(01), 1–8.
<https://doi.org/10.56486/jris.vol1no1.59>

Fitria, N. (2024). Perilaku Konsumen di Era

- Digital: Perspektif Ekonomi Makro dan Mikro. *JDSS : Jurnal Dinamika Sosial Dan Sains*, 1(1), 29–34.
<https://doi.org/10.60145/jdss.v1i1.47>
- Fitriany, A. E., & Mulyono, H. (2023). Sistem Informasi Customer Relationship Manajemen (CRM) Berbasis Web Pada PT. Patria Cabang Mendalo. *Jurnal Manajemen Sistem Informasi*, 8(1), 67–77.
<https://doi.org/10.33998/jurnalmsi.2023.8.1.764>
- Hia, E. E., Fahram, M. K., & Nurhasanah, S. (2022). Penerapan *Customer Relationship Management* (CRM) Berbasis Website Terhadap Penilaian Pelanggan. *Journal CERITA*, 8(1), 60–66.
<https://doi.org/10.33050/cerita.v8i1.2136>
- Jawahir, M. H., Pramuntadi, A., Danianti, D., & Prastowo, W. D. (2024). Penerapan Metode *Waterfall* dalam Pengembangan Sistem CRM Berbasis Web untuk Travel. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 7(4), 613–622.
<https://doi.org/10.32672/jnkti.v7i4.7774>
- Kawengian, S., Fo, A., Rigel, G., & Keren, V. (2025). Kemajuan Teknologi Memberikan Kemudahan dalam Interaksi Digital Manusia. *DIGICATION : Jurnal Komunikasi Digital*, 1(2), 127–139.
<https://ejournal.uki.ac.id/index.php/digication/article/view/6229>
- Lowoema, S. L. Z., Larasaty, R., & Prasetyaningrum, P. T. (2024). Implementasi *Customer Relationship Management* (CRM) Berbasis Website Pada Satu Potret Fotografi. *JISAI : Jurnal Information System & Artificial Intelligence*, 4(2), 137–143.
<https://doi.org/10.26486/jisai.v4i2.216>
- Rosmalina, & Kasifatul M, L. (2024). Rancang Bangun Sistem Infomasi *Customer Relationship Management* (CRM) Berbasis Web untuk Meningkatkan Loyalitas Pelanggan dan Efisiensi Pemasaran (Studi Kasus di MD Tali Kur). *J-SIKA : Jurnal Sistem Informasi Karya Anak Bangsa*, 06(02), 102–115.
<https://ejournal.unibba.ac.id/index.php/j-sika/article/view/1553>
- Setiadi, T., & Siswanto, E. (2022). Perancangan Sistem Informasi *Customer Relationship Management* Berbasis Model RFM berbasis Web. *Informatika: Jurnal Teknik Informatika Dan Multimedia*, 2(1), 42–51.
<https://doi.org/10.51903/informatika.v2i1.139>
- Sunarya, P. A., Astuti, N. W., & Anjani, R. D. (2022). Perancangan Sistem *Customer Relationship Management* Terhadap Keluhan Pelanggan Pada PT. Prospera Perwira Utama. *Journal Sensi*, 8(1), 28–39.
<https://doi.org/10.33050/sensi.v8i1.2182>
- Usanto, U., Sopian, A., Syahril, R., Dewi, C. S., Ningtyas, S., & Kurniati, I. (2026). Pengembangan Aplikasi *Customer Relationship Management* (CRM) Berbasis Whatsapp Business Untuk Optimalisasi Penjualan Pada Bisnis Fashion Online. *JRIS : Jurnal Rekayasa Informasi Swadharma*, 6(1), 77–86.
<https://doi.org/10.56486/jris.vol6no1.975>



APLIKASI PENGENALAN TARIAN TRADISIONAL DAYAK KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY

Nisa Aulya Ramadhana¹⁾, Muhammad Basri²⁾, Marlina³⁾, Ade Hastuty⁴⁾,
Untung Suwardoyo⁵⁾

^{1,2,3,4,5}Universitas Muhammadiyah Parepare

Correspondence author: NA Ramadhana, 219280013nisaaulayaramadhana@gmail.com, Parepare,
Indonesia

Abstract

The development of multimedia technology and Augmented reality (AR) offers significant opportunities to preserve and promote local culture. Traditional Dayak dance from East Kalimantan is a cultural heritage of high artistic value that remains under-recognised by the younger generation. This study aims to develop an AR-based animated application for introducing traditional Dayak dance as an interactive learning medium. The research method used was an experimental waterfall model, encompassing analysis, design, implementation, and testing. The application was built using Unity and Blender, with key features including 3D animations of traditional dances, brief information about the dances, and AR camera-based interactions. Black-box testing demonstrated that all functions functioned well. Measurements from 10 to 120 cm ran smoothly, while the application's tilt range from 300 to 900° was affected, with only 900° experiencing control and displaying objects. This application is expected to serve as an engaging educational medium, increase the younger generation's interest in Dayak culture, and support local cultural preservation efforts through digital technology.

Keywords : *cultural introduction, traditional dayak dance, east kalimantan, augmented reality*

Abstrak

Perkembangan teknologi multimedia dan *Augmented reality* (AR) memberikan peluang besar dalam pelestarian dan pengenalan budaya lokal. Tari tradisional Dayak Kalimantan Timur merupakan salah satu warisan budaya yang memiliki nilai seni tinggi, namun masih kurang dikenal oleh generasi muda. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi animasi pengenalan tari tradisional Dayak berbasis AR sebagai media pembelajaran interaktif. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan model waterfall, meliputi tahap analisis, desain, implementasi, dan pengujian. Aplikasi dibangun menggunakan Unity dan Blender dengan fitur utama berupa animasi 3D tari tradisional, informasi singkat mengenai tarian, serta interaksi berbasis kamera AR. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing yang menunjukkan seluruh fungsi berjalan dengan baik, serta uji coba pengukuran 10 sampai 120 cm berjalan mulus sementara hasil kemiringan aplikasi dari 300 sampai 900 , hanya di angka 900

mengalami kendali selain itu menampilkan objek. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi media edukasi yang menarik, meningkatkan minat generasi muda dalam mengenal budaya Dayak, serta mendukung upaya pelestarian budaya lokal melalui pemanfaatan teknologi digital.

Kata Kunci : pengenalan budaya, tari tradisional dayak, kalimantan timur, *augmented reality*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital di tingkat global menunjukkan peningkatan yang sangat pesat dalam satu dekade terakhir. Kemajuan perangkat *mobile*, pemrosesan grafis, serta integrasi teknologi interaktif seperti *Augmented Reality* (AR) telah mendorong perubahan besar dalam cara masyarakat mengakses informasi dan memahami kebudayaan (Pathorrahman et al., 2024). Di berbagai negara, teknologi ini dimanfaatkan untuk melestarikan warisan budaya melalui visualisasi interaktif yang mampu menarik perhatian generasi muda (Aristamy et al., 2025).

Di Indonesia, upaya pelestarian tari tradisional telah berjalan lama, namun sebagian besar masih bergantung pada metode konvensional seperti pertunjukan langsung, dokumentasi video, dan pembelajaran di sanggar (Citrawati et al., 2025). Cara ini belum sepenuhnya menjangkau generasi digital yang lebih akrab dengan media interaktif. Akibatnya, minat terhadap kesenian tradisional mengalami penurunan di beberapa daerah karena kurangnya inovasi penyampaian informasi (Madi & Zalmi, 2025).

Suku Dayak di Kalimantan Timur memiliki beragam tarian khas yang mencerminkan nilai budaya, spiritualitas, serta identitas komunitasnya (Novianti et al., 2025). Penyebaran informasi mengenai tarian tersebut masih terbatas, terutama di kalangan pelajar dan masyarakat umum di luar daerah. Keterbatasan media pembelajaran dan minimnya platform digital yang menampilkan tarian secara

menarik menjadi salah satu penyebab kurang optimalnya pemahaman masyarakat terhadap warisan budaya (Anggela et al., 2025).

Penggunaan *Augmented reality* dengan dukungan animasi 3D menawarkan solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Teknologi ini memungkinkan pengguna melihat visualisasi secara lebih hidup melalui perangkat *mobile*, sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dan imersif (Utomo & Anisa, 2025). Pengujian aplikasi menggunakan metode *black-box* membantu memastikan sistem berjalan sesuai fungsi tanpa perlu memahami kode program, sehingga kualitas aplikasinya dapat terukur (Praniffa et al., 2023).

Penelitian terdahulu oleh Susanti yang mengembangkan sebuah media belajar digital yang berfungsi memperkenalkan pakaian adat serta tarian dari berbagai daerah di Indonesia. Aplikasi tersebut menampilkan informasi dalam bentuk gambar dan penjelasan singkat, sehingga siswa dapat mengenali ciri visual masing-masing budaya daerah. Meskipun memberikan kontribusi terhadap upaya pelestarian budaya, fitur yang disediakan masih terbatas pada tampilan gambar statis, sehingga pengalaman belajar belum sepenuhnya interaktif dan kurang mampu memperlihatkan dinamika gerakan tari secara nyata (Susanti et al., 2023).

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggunaan animasi 3D yang disesuaikan dengan gerakan tarian Dayak, integrasi marker AR yang dirancang khusus untuk materi budaya, serta penerapan pengujian *black-box* untuk memastikan

fungsionalitas aplikasi. Pendekatan ini memberikan nilai tambah dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menampilkan objek 3D statis atau informasi deskriptif.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi pengenalan tarian tradisional Dayak Kalimantan Timur berbasis *Augmented reality* dengan animasi 3D serta melakukan pengujian fungsional menggunakan metode *black-box*, sehingga dapat menjadi media pembelajaran yang menarik, informatif, dan mudah diakses.

B. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang merupakan penelitian yang pengambilan data suatu objek diambil secara langsung.

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur dan Pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama 2 bulan yaitu Mei s/d Juli 2025.

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi dan studi pustaka. Observasi dilakukan dengan mengunjungi salah satu sanggar tari yang ada di Kabupaten Kutai Barat Kalimantan timur (Sanggar Seni Sempakat Peluant yang terletak pada Kampung Geleoasa, Kec. Barong Tongkok, Kab Kutai Barat, Kalimantan Timur. Penari Tari Gong (Intan Rezky Putri) sebagai narasumber. Studi Pustaka dilakukan dengan mengumpulkan data dengan cara mencari buku-buku yang ada di perpustakaan dan melakukan browsing internet untuk mendapatkan referensi yang berkaitan dengan *Augmented reality*. Studi pustaka akan membantu penulis bagaimana melakukan proses pembuatan aplikasi pengenalan tarian tradisional dayak kalimantan timur menggunakan *Augmented reality*.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa fase yang meliputi persiapan, studi

literatur, pengumpulan data, analisis, perancangan, pengujian, dan implementasi yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan Penelitian

Tahap awal berupa persiapan materi penelitian, termasuk penyusunan referensi berupa buku, artikel, serta perangkat lunak yang relevan dengan topik.

2. Studi Literatur

Peneliti menelaah berbagai sumber pustaka dan hasil penelitian terdahulu untuk membangun landasan teori serta merumuskan hipotesis penelitian.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini peneliti melakukan wawancara di salah satu Sanggar Tari yang ada di Kabupaten Kutai Barat Kalimantan Timur yaitu terkait dengan gerak dasar tarian tradisional Dayak dan peneliti juga mengumpulkan data melalui Internet.

4. Analisis

Sistem yang sedang berjalan dianalisis untuk mengidentifikasi permasalahan dan merumuskan alternatif solusi yang sesuai dengan kebutuhan penelitian dengan rancangan uml yaitu *Activity Diagram* dan *Sequence diagram* (Syarif & Nugraha, 2020).

5. Perancangan

Berdasarkan hasil analisis, peneliti menyusun desain aplikasi yang menjadi fokus penelitian.

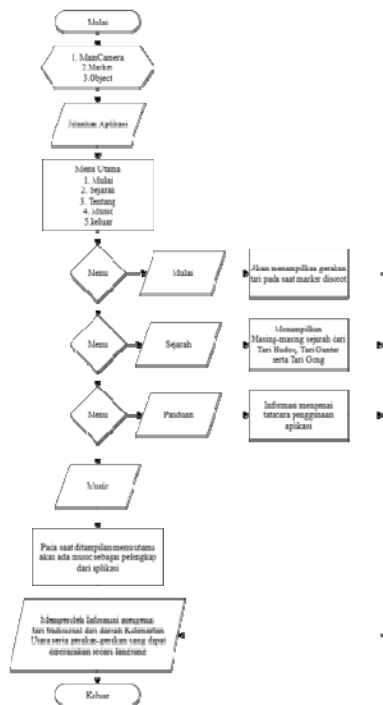
6. Pengujian

Setelah melakukan perancangan, peneliti kemudian menguji hasil perancangan yang telah dibuat menggunakan black box, dan pengujian jarak. Jika hasil perancangan terdapat kekurangan atau kelemahan maka kembali ke tahap analisis.

7. Implementasi

Aplikasi yang telah diperbaiki kemudian diimplementasikan dan disiapkan untuk digunakan oleh pengguna.

Adapun rancangan sistem yang diusulkan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Sistem Yang Diusulkan

Pada gambar 1 diatas menunjukkan mengenai Sistem yang diusulkan dalam pembuatan Animasi Pengenalan Tari Tradisional Dayak Kalimantan Timur yang bertujuan untuk memperkenalkan tari tradisional Kalimantan Timur dengan menggunakan teknologi tiga dimensi agar menarik minat pengguna.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Diagram Alir (UML)

Use case diagram adalah diagram UML yang memvisualisasikan interaksi antara aktor (pengguna atau sistem lain) dan sistem yang sedang dikembangkan, menunjukkan fungsi-fungsi utama (use cases) yang dapat dilakukan oleh aktor dalam sistem tersebut untuk mencapai tujuan tertentu (Rospricilia & Ma’ady, 2024).

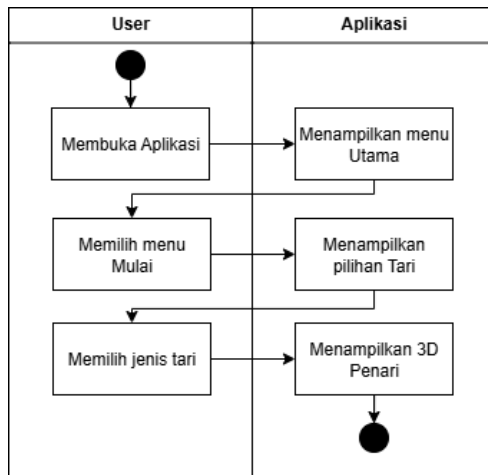


Gambar 2. Use Case Diagram Aplikasi

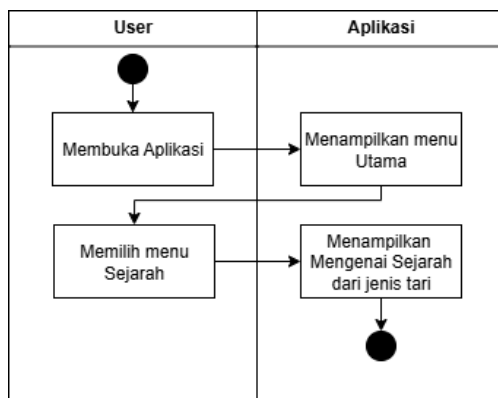
Tabel 1. Deskripsi Use Case Diagram

Nama Use Case	Deskripsi Use Case
Menu	Use case ini menjelaskan akan terdapat menu 5 pilihan tampilan ketika membuka aplikasi Animasi Pengenalan Tari Tradisional Dayak.
Mulai	Use case ini menjelaskan bahwa saat user masuk akan muncul pilihan tari, setelah memilih maka akan memunculkan bentuk 3 dimensi penari
Sejarah	Use case ini memberikan penjelasan mengenai sejarah pada masing-masing tari
Panduan	Use case ini menampilkan tata cara penggunaan aplikasi
Music	Use case ini menjelaskan terdapat music pada awal tampilan menu utama yang dapat dimatikan maupun sebaliknya
Keluar	Use case ini menjelaskan setelah menggunakan aplikasi atau menjelaskan aplikasi user dapat keluar dari aplikasi

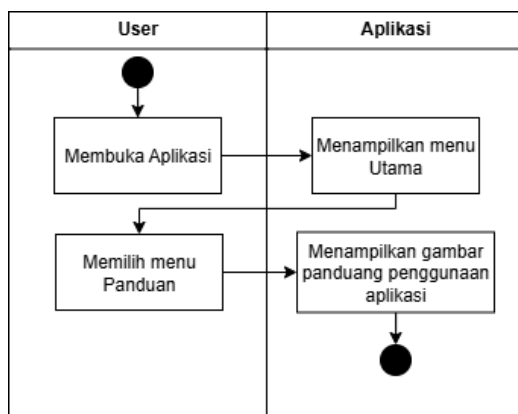
Activity Diagram adalah salah satu jenis diagram dalam UML (Unified Modeling Language) yang digunakan untuk memodelkan alur aktivitas atau proses bisnis dalam sebuah sistem. Diagram ini menggambarkan urutan langkah-langkah kerja, kondisi keputusan, serta aliran kontrol dari awal hingga akhir suatu proses (Wayahdi & Ruziq, 2023).



Gambar 3. Activity Diagram Tampilan Mulai



Gambar 4. Activity Diagram Tampilan Sejarah



Gambar 5. Activity Diagram Tampilan Panduan

Tampilan Aplikasi



Gambar 6. Tampilan Menu

Tampilan menu mulai merupakan halaman awal pada aplikasi yang berfungsi sebagai navigasi utama bagi pengguna. Pada halaman ini ditampilkan dua pilihan menu, yaitu Menu Mulai, Menu Sejarah dan Vidio.



Gambar 7. Tampilan Mulai

Tampilan mulai menampilkan halaman pemilihan tarian tradisional yang dapat diakses setelah pengguna memilih menu mulai. Pada halaman ini, pengguna dapat menentukan jenis tarian yang diinginkan dengan memilih marker yang sesuai dengan tarian tertentu. *Marker* tersebut digunakan sebagai pemicu *Augmented reality* untuk menampilkan objek animasi 3D dari tarian yang dipilih.



Gambar 8. Tampilan Hasil Sorot

Tampilan hasil sorot menunjukkan bahwa aplikasi berhasil mengenali marker yang dipilih dan menampilkan animasi tarian Dayak dalam bentuk objek 3D. Selain visualisasi animasi 3D, pada layar juga ditampilkan informasi sejarah singkat dalam bentuk teks yang menjelaskan latar belakang tarian.



Gambar 9. Tampilan Menu Sejarah

Tampilan menu sejarah menyajikan informasi mengenai sejarah dan makna tarian tradisional Dayak Kalimantan Timur. Pada halaman ini, pengguna dapat membaca penjelasan singkat terkait asal-usul tarian dan nilai budaya yang terkandung.



Gambar 10. Tampilan Panduan

Tampilan panduan berfungsi sebagai petunjuk penggunaan aplikasi agar pengguna dapat menjalankan fitur *Augmented reality* dengan benar. Pada halaman ini dijelaskan langkah-langkah penggunaan aplikasi, yaitu mengunduh marker tarian sebagai objek pemicu, kemudian mengarahkan kamera perangkat ke *marker* dengan pencahayaan yang cukup agar sistem dapat mendeteksi marker secara optimal. Selanjutnya, pengguna diarahkan untuk memilih objek tarian yang diinginkan, sehingga animasi 3D tarian Dayak dapat ditampilkan dengan baik.



Gambar 11. Tampilan Music

Tersedia menu pengaturan musik yang berfungsi sebagai *background* pada tampilan awal aplikasi, dan pengguna dapat mengaktifkan atau menonaktifkan musik tersebut sesuai kebutuhan



Gambar 12. Tampilan Video

Menu Video berfungsi untuk menampilkan pilihan video yang dapat dibuka oleh pengguna. Video yang ditampilkan merupakan video asli tarian tradisional yang berasal dari sanggar seni.



Gambar 13. Tampilan Marker

Marker merupakan bagian penting dalam sistem *Augmented reality* yang berfungsi sebagai media deteksi untuk memunculkan objek virtual. Marker yang disediakan dalam aplikasi ini digunakan sebagai pemicu untuk menampilkan animasi tarian Dayak dalam bentuk 3D. Setiap marker merepresentasikan jenis tarian tertentu, yaitu Tarian Hudoq, Tari Gong, dan Tari Gantar.

Pengujian Sistem

Black Box Testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pemeriksaan fungsionalitas aplikasi tanpa memperhatikan struktur internal atau kode programnya (Permatasari et al., 2023).

Tabel 2. Pengujian *BlackBox*

Test Faktor	Hasil	Kesimpulan
Menampilkan 3D karakter dan Animasi dengan stabil	✓	Berhasil, Karena tampil 3d Karakter dan animasiinya

Screen Shot



Berdasarkan gambar pada hasil tampilan aplikasi dapat mengenali Marker dan Menampilkan 3D karakter dengan baik. Adapun Hasil Uji Pengukuran dari Pendeteksian 3D Karakter di atas adalah Sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Jarak berdasarkan pengguna

Jarak	Hasil	KET
10 cm	✓	✓=terlihat
20 cm	✓	✗= tidak terlihat
30 cm	✓	
50 cm	✓	
70 cm	✓	
90 cm	✓	
120 cm	✓	

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh pengguna, salah satunya oleh Fitra Ulva (Mahasiswa UM Parepare), pengujian jarak pada aplikasi menunjukkan bahwa fitur Aplikasi Tarian ini mampu menampilkan objek dengan baik pada jarak 10 cm hingga 120 cm. Ia berpendapat bahwa aplikasi tersebut cukup responsif dan mudah digunakan dalam mendukung visualisasi objek pada berbagai variasi jarak pengamatan.

Tabel 4. Hasil Kemiringan berdasarkan pengguna

Derajat Kemiringan	Hasil	KET
30°	✓	✓=terlihat
35°	✓	✗= tidak terlihat
40°	✓	
45°	✓	
50°	✓	
55°	✓	
60°	✓	
65°	✓	
70°	✓	
75°	✓	
80°	✓	
85°	✓	
90°	✗	

Berdasarkan hasil pengujian derajat kemiringan pada fitur *Virtual Tour 3D*, objek masih dapat terlihat dengan baik pada kemiringan 30° hingga 85°. Namun, pada

kemiringan 90° objek tidak dapat ditampilkan. Pengujian ini dilakukan oleh pengguna, salah satunya Ayu Ningrum (Mahasiswa UM Parepare), yang berpendapat bahwa secara umum sistem berjalan normal pada hampir seluruh variasi kemiringan, tetapi mengalami keterbatasan ketika sudut kemiringan mencapai 90.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi, aplikasi Animasi Pengenalan Tari Tradisional Dayak Kalimantan Timur Menggunakan *Augmented reality* berhasil menghadirkan media pembelajaran yang interaktif dan menarik. Melalui pemanfaatan teknologi *Augmented reality*, pengguna dapat melihat model penari dalam bentuk objek 3D beserta animasi gerakan tari, sehingga informasi mengenai tarian tradisional Dayak dapat disampaikan secara lebih modern, efektif, dan mudah dipahami. Hasil pengujian fungsional menggunakan metode *black-box* menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan tanpa ditemukan kesalahan sistem. Selain itu, pengujian jarak pendeteksian marker menunjukkan hasil yang optimal pada rentang 10 cm hingga 120 cm, di mana animasi 3D dapat ditampilkan secara stabil dan responsif.

E. DAFTAR PUSTAKA

Anggela, D. R., Pasaribu, E. E. B., Santika, M. P., Ningsih, N., Havina, S., Putri, W. A., & Hasibuan, H. A. (2025). Strategi Menjaga Eksistensi Kearifan Lokal Melalui Tari Zapin di Era Globalisasi. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(12), 101–107. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15618798>

Aristamy, I. G. A. A. M., Mutiarani, R. A., Winatha, K. R., & Naratama, I. M. E. (2025). Media Pembelajaran Interaktif

Aksara Devanagari Sebagai Inovasi Edukasi Digital Berbasis Budaya Bali. *JURSENDEM: Jurnal Riset Rumpun Seni, Desain Dan Media*, 4(2), 243–255.

<https://doi.org/10.55606/jurrsendem.v4i2.6881>

Citrawati, A. A. I. A., Nurmaleana, Oktavianus, Admiral, & Hardi. (2025). Revitalisasi Tari Tradisional di Era Digital: Sinergi Nilai Budaya, Inovasi Teknologi, dan Seni. *JPTIV: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Dan Vokasional*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.23960/jptiv.v7i1.30812>

Madi, V. A., & Zalmi, F. N. H. (2025). Digital Storytelling Sebagai Metode Capture Pengetahuan Adat Minang: Peluang Dan Tantangan Di Era 5.0. *Al-Ma'arif: Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 5(1), 87–102. <https://doi.org/10.37108/almaarif.v5i1.2317>

Novianti, I., Dimpudus, A., & Azainil. (2025). Transformasi Geometri dalam Pola Lantai Tari Dayak (Flying High). *JP3M: Jurnal Pemikiran Dan Penelitian Pendidikan Matematika*, 8(1), 120–134. <https://doi.org/10.36765/jp3m.v8i1.770>

Pathorrahman, Putra, C. A., & Fitriyanto, M. N. (2024). Pengembangan Modul Pembelajaran Interaktif Teknologi Informasi Menggunakan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 2(4), 256–271. <https://jurnal.kolibi.org/index.php/scientica/article/view/713/>

Permatasari, I., Adhania, F., Putri, S. A., & Nursari, S. R. C. (2023). Pengujian Black Box Menggunakan Metode Analisis Nilai Batas pada Aplikasi DANA. *Konstelasi: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2),

373–387.

<https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i2.8289>

Praniffa, A. C., Syahri, A., Sandes, F., Fariha, U., & Giansyah, Q. A. (2023). Pengujian Sistem Informasi Parkir Berbasis Web Pada UIN Suska Riau Menggunakan White Box dan Black Box Testing. *JTISI : Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(1), 1–16.

<https://doi.org/10.55583/jtisi.v1i1.321>

Rospricilia, T. A., & Ma'ady, M. N. P. (2024). Pemodelan Integration Use Case (IUC): Perancangan Use Case Diagram (UML) untuk Sistem-sistem yang Terintegrasi. *INTEGER: Journal of Information Technology*, 9(2), 165–172.

<https://doi.org/10.31284/j.integer.2024.v9i2.6345>

Susanti, R., Suhartini, & Ariansyah. (2023). Aplikasi Media Pembelajaran Pengenalan Baju Adat Dan Tari Daerah Untuk Anak Sekolah Dasar (Studi Kasus : SDN 16 Belimbing). *Jurnal Minfo Polgan*, 12(2), 1749–1753.

<https://doi.org/10.33395/jmp.v12i2.12981>

Utomo, K., & Anisa, N. (2025). Penggunaan Augmented Reality Dalam Pendidikan Yang Meningkatkan Motivasi dan Efisiensi Belajar. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 25(2), 167–180.

<https://doi.org/10.31599/v60jfd25>

Wayahdi, M. R., & Ruziq, F. (2023). Pemodelan Sistem Penerimaan Anggota Baru dengan Unified Modeling Language (UML) (Studi Kasus: Programmer Association of Battuta). *Jurnal Minfo Polgan*, 12(1), 1514–1521.

<https://doi.org/10.33395/jmp.v12i1.12870>

KLASIFIKASI PRESTASI AKADEMIK MAHASISWA MENGGUNAKAN METODE *RANDOM FOREST*

Serly Sustiana Saputri¹⁾, Dwi Remawati²⁾, Teguh Susyanto³⁾, Wawan Laksito Yuly Saptomo⁴⁾

^{1,3}Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Tiga Serangkai

²Prodi Teknologi Informasi, Sekolah Vokasi, Universitas Tiga Serangkai

⁴Prodi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tiga Serangkai

Correspondence author: SS Saputri, 123400005.serly@tsu.ac.id, Surakarta, Indonesia

Abstract

This study aims to classify student academic achievement using the Random forest algorithm, utilizing the Student Performance dataset from Kaggle. The main attributes used as predictors include attendance rate, weekly study duration, and class engagement. The research methodology included data preprocessing with label encoding, an 80:20 split between training and test sets, and standardized model evaluation using accuracy, precision, recall, and F1-score. The results showed an accuracy of 31.03%. This low accuracy is due to the complexity of multi-class classification and imbalanced data distribution. This research contributes to mapping student learning behavior patterns and serves as a reference for developing more optimal academic prediction models.

Keywords : *classification algorithm, multi-class, academic achievement, students, random forest.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan prestasi akademik mahasiswa menggunakan algoritma *Random forest* dengan memanfaatkan dataset *Students Performance* dari Kaggle. Atribut utama yang digunakan sebagai prediktor meliputi tingkat kehadiran, durasi belajar mingguan, dan keterlibatan di kelas. Metodologi penelitian mencakup pra-pemrosesan data dengan label *encoding*, pembagian data latih dan uji (80:20), serta evaluasi model yang diseragamkan menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Hasil penelitian menunjukkan nilai akurasi sebesar 31,03%. Rendahnya akurasi tersebut merupakan dampak dari kompleksitas klasifikasi multi-kelas dan distribusi data yang tidak seimbang (*imbalanced data*). Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memetakan pola perilaku belajar mahasiswa serta menjadi referensi bagi pengembangan model prediksi akademik yang lebih optimal.

Kata Kunci : *algoritma klasifikasi, multi-kelas, prestasi akademik, mahasiswa, random forest*

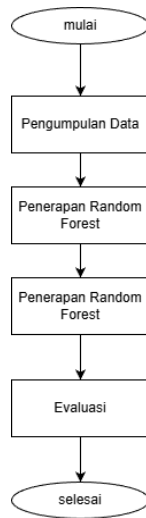
A. PENDAHULUAN

Prestasi akademik mahasiswa merupakan salah satu indikator utama dalam menilai keberhasilan proses pembelajaran di perguruan tinggi. Tingkat prestasi yang dicapai mahasiswa mencerminkan pemahaman terhadap materi, kedisiplinan, serta keterlibatan aktif dalam kegiatan akademik (Fatunnisa & Marcos, 2024). Prestasi akademik tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan kognitif, tetapi juga oleh berbagai faktor pendukung lainnya seperti kebiasaan belajar, tingkat kehadiran, aktivitas fisik, serta partisipasi mahasiswa dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, institusi pendidikan menghasilkan data akademik mahasiswa dalam jumlah besar yang mencakup berbagai aspek perilaku dan aktivitas belajar. Data tersebut memiliki potensi besar untuk dianalisis guna menemukan pola-pola yang berkaitan dengan prestasi akademik mahasiswa. Pemanfaatan teknik data mining dan *machine learning* menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mengolah data tersebut secara sistematis dan objektif. Objek penelitian dalam studi ini adalah dataset *Students Performance* yang memuat data mahasiswa dengan berbagai atribut, antara lain aktivitas olahraga (*sports activity*), moda transportasi, durasi belajar mingguan, tingkat kehadiran, kebiasaan membaca dan mencatat, keterlibatan dalam mendengarkan materi di kelas, partisipasi dalam kerja proyek, serta nilai akhir (*Grade*) sebagai indikator prestasi akademik. Dataset ini dianalisis untuk mengklasifikasikan tingkat prestasi akademik mahasiswa berdasarkan faktor-faktor tersebut (Almufqi & Voutama, 2023). Berbagai penelitian terdahulu telah menerapkan pendekatan *machine learning* dalam menganalisis dan memprediksi prestasi akademik mahasiswa. Algoritma yang sering digunakan antara lain *K-Nearest Neighbor* (KNN), *Naive Bayes*, *Decision Tree*, *Support Vector Machine*

(SVM), serta *Random forest* (Anofrizen et al., 2026). Penelitian oleh (Al-Shanableh et al., 2026) menunjukkan bahwa teknik data mining mampu memprediksi performa akademik siswa secara efektif. Breiman memperkenalkan *Random forest* sebagai metode *ensemble* yang mampu meningkatkan akurasi dan mengurangi risiko *overfitting* (Firdaus et al., 2026). Selanjutnya, (Kuswanto & Hakim, 2025) serta beberapa penelitian lain membuktikan bahwa *Random forest* memiliki kinerja yang baik dalam menangani data pendidikan yang kompleks dan berdimensi tinggi. Meskipun demikian, beberapa penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan, seperti kurangnya pemanfaatan atribut non akademik secara menyeluruh, distribusi data yang tidak seimbang, serta minimnya analisis evaluasi model pada kasus klasifikasi multi kelas. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan algoritma *Random forest* untuk mengklasifikasikan prestasi akademik mahasiswa dengan memanfaatkan atribut akademik dan non akademik secara bersamaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengklasifikasikan prestasi akademik mahasiswa menggunakan metode *Random forest* serta mengevaluasi kinerja model berdasarkan hasil akurasi dan metrik evaluasi lainnya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang memengaruhi prestasi akademik mahasiswa serta menjadi referensi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan di bidang pendidikan berbasis data.

B. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian meliputi berbagai proses, berikut adalah alur tahapan penelitian yang dilakukan



Gambar 1. Alur Penelitian

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari platform Kaggle (Kharoua, 2024), khususnya dataset *Students Performance* dalam bentuk file CSV. Dataset ini bersifat terbuka dan sering dimanfaatkan dalam studi di bidang *educational data mining* serta *machine learning*. Data tersebut menggambarkan ciri-ciri dan pola belajar mahasiswa yang terkait dengan hasil akademik mereka. *Dataset Students Performance* mencakup data dari sejumlah mahasiswa dengan sembilan atribut utama, yakni *Transportation*, *Attendance*, *Sports_activity*, *Weekly_study_hours*, *Reading*, *Notes*, *Listening_in_class*, *Project_work*, dan *Grade*. Atribut *Grade* berfungsi sebagai variabel target (label kelas) yang menunjukkan tingkat pencapaian akademik mahasiswa, sementara atribut lainnya bertindak sebagai variabel independen. Pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh dataset dalam format CSV, lalu memuatnya ke dalam lingkungan pemrograman Python melalui Google Colab. Selanjutnya, dataset diperiksa untuk memverifikasi struktur data, jenis atribut, dan kelengkapan informasi sebelum diterapkan pada tahap pemodelan.

Tabel 1. Sumber Data

Atribut	STU DEN T1	STU DEN T2	STU DEN T3	STU DEN T4	STU DEN T5
Student_I D	STU DEN T1	STU DEN T2	STU DEN T3	STU DEN T4	STU DEN T5
Student_ Age	19- 22	19- 22	19- 22	18	19- 22
Sex	Male	Male	Male	Fema le	Male
High_Sch ool_Type	Other	Other	State	Privat e	Privat e
Scholarsh ip	50%	50%	50%	50%	50%
Additional Work	Yes	Yes	No	Yes	No
Sports_ac tivity	No	No	No	No	No
Transport ation	Privat e	Privat e	Privat e	Bus	Bus
Weekly_ Study_H ours	0	0	2	2	12
Attendan ce	Alwa ys	Alwa ys	Neve r	Alwa ys	Alwa ys
Reading	Yes	Yes	No	No	Yes
Notes	Yes	No	No	Yes	No
Listening _in_Class	No	Yes	No	No	Yes
Project_ work	No	Yes	Yes	No	Yes
Grade	AA	AA	AA	AA	AA

Pembagian Data (*Data Splitting*)

Dataset yang sudah melewati proses pra-pemrosesan selanjutnya dibagi menjadi data pelatihan (*training data*) dan data pengujian (*testing data*). Pembagian ini dilakukan dengan rasio 80:20, di mana 80% dari data dijadikan data pelatihan dan 20% sisanya sebagai data pengujian (Azis, 2025; Muningsih, 2022). Data pelatihan dimanfaatkan untuk mengembangkan model klasifikasi, sementara data pengujian digunakan untuk mengukur performa model yang telah dibuat.

Pemodelan dengan *Random forest*

Pada tahap pemodelan, algoritma *Random forest* digunakan sebagai metode klasifikasi. Model *Random forest* dibangun

menggunakan *library Scikit-Learn* dengan parameter default. Atribut input (X) terdiri dari seluruh variabel independen, sedangkan atribut target (y) adalah variabel *Grade*.

$$Gini(D) = 1 - \sum_{i=1}^C p_i^2 \quad (1)$$

Keterangan:

D: Dataset atau node saat ini.

C: Jumlah kelas (*Grade*).

p_i : Probabilitas pemilihan item dengan label kelas i .

Selain itu, karena *Random forest* adalah metode *ensemble*, ditambahkan rumus *Majority Voting* untuk menentukan prediksi akhir:

$$\hat{Y} = \text{mode} \{T_1(x), T_2(x), \dots, T_n(x)\} \quad (2)$$

Keterangan:

$\hat{Y}$: Hasil prediksi akhir.

$T_n(x)$: Hasil prediksi dari pohon keputusan ke- n .

Evaluasi Model

1. Akurasi

Akurasi digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam mengklasifikasikan data, yaitu perbandingan antara jumlah prediksi yang benar dengan total data uji. Semakin tinggi nilai akurasi, maka semakin baik performa model klasifikasi. Rumus akurasi ditunjukkan pada Persamaan (3)

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3)$$

Keterangan :

TP (*True Positive*) adalah jumlah data yang diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas tertentu.

TN (*True Negative*) adalah jumlah data yang diklasifikasikan dengan benar sebagai bukan kelas tersebut,

FP (*False Positive*) adalah jumlah data yang salah diklasifikasikan sebagai kelas tertentu,

FN (*False Negative*) adalah jumlah data yang salah diklasifikasikan sebagai bukan kelas tersebut.

2. Presisi

Presisi digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan prediksi model terhadap suatu kelas tertentu. Nilai presisi menunjukkan seberapa besar proporsi data yang diprediksi sebagai suatu kelas benar-benar termasuk ke dalam kelas tersebut.

Rumus presisi ditunjukkan pada Persamaan (4):

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4)$$

3. Recall

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengenali seluruh data yang termasuk dalam suatu kelas tertentu. Nilai recall menunjukkan seberapa besar proporsi data aktual suatu kelas yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model. Rumus recall ditunjukkan pada Persamaan (5):

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5)$$

4. Confusion Matrix

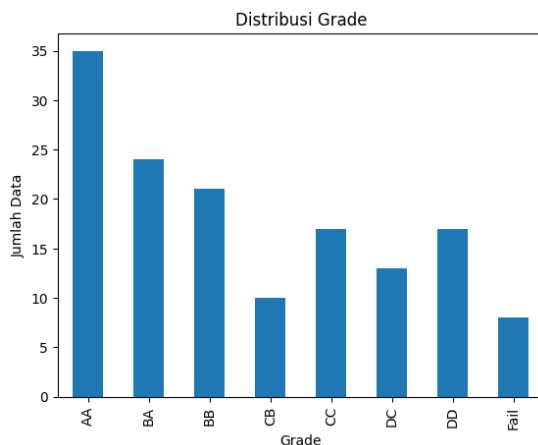
Confusion matrix merupakan metode evaluasi yang menyajikan perbandingan antara kelas aktual dan kelas hasil prediksi model dalam bentuk tabel. *Confusion matrix* digunakan untuk mengetahui jumlah prediksi yang benar dan salah pada setiap kelas, serta menjadi dasar perhitungan nilai akurasi, presisi, dan recall dalam model klasifikasi multi-kelas (Afandi et al., 2025).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan meliputi eksplorasi data, proses *preprocessing*, hasil pemodelan, dan evaluasi kinerja model.

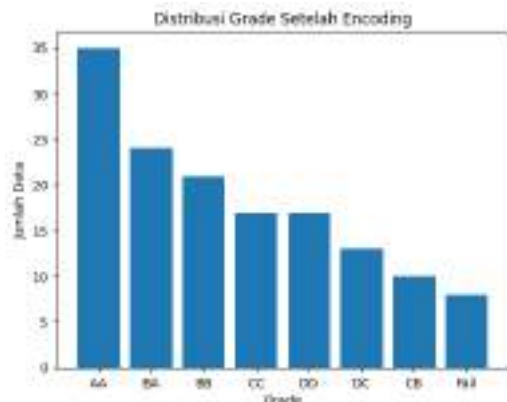
Eksplorasi Data

Tahap eksplorasi data bertujuan untuk memahami karakteristik dataset sebelum dilakukan pemodelan. Dataset *Students Performance* terdiri dari beberapa atribut akademik dan non-akademik yang digunakan untuk memprediksi mahasiswa.



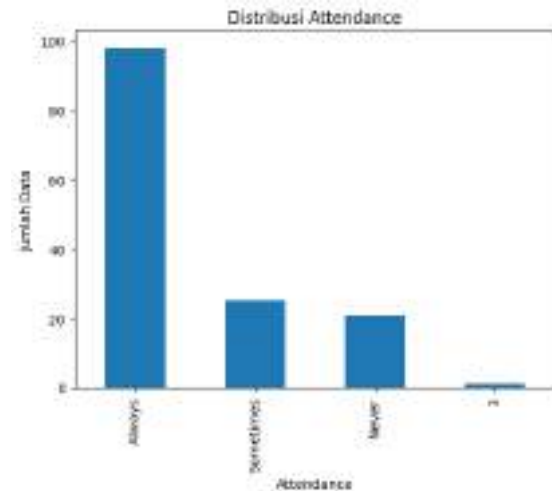
Gambar 1. Distribusi *Grade*

Gambar 2 menunjukkan distribusi nilai *Grade* pada *dataset Students Performance*. Terlihat bahwa jumlah data pada setiap kelas *Grade* tidak tersebar secara merata. Beberapa kelas memiliki jumlah data yang jauh lebih banyak dibandingkan kelas lainnya. Ketidakseimbangan distribusi kelas (*class imbalance*) ini dapat memengaruhi performa model klasifikasi, karena model cenderung lebih optimal dalam mempelajari pola dari kelas dengan jumlah data yang dominan.



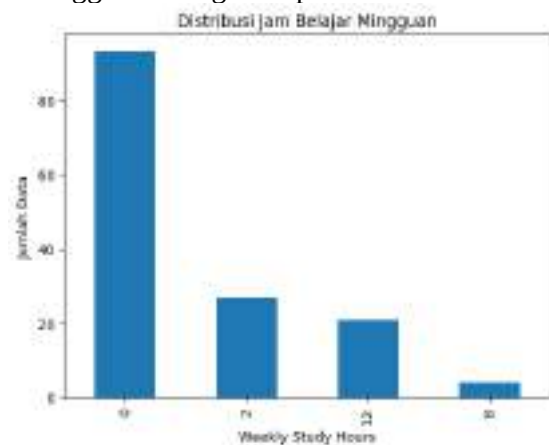
Gambar 2. Distribusi *Grade* setelah Encoding

Gambar 3 menunjukkan distribusi kategori *Grade* setelah dilakukan proses *encoding* (Dachi & Sitompul, 2023). Visualisasi ini digunakan untuk memastikan bahwa distribusi kelas tetap tidak seimbang, yang berpotensi memengaruhi kinerja model klasifikasi.



Gambar 3. Distribusi *Attendance*

Gambar 4 memperlihatkan distribusi tingkat kehadiran (*Attendance*) mahasiswa. Grafik menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki tingkat kehadiran yang cukup baik. Kehadiran mahasiswa berperan penting dalam proses pembelajaran karena berkaitan langsung dengan keterlibatan mahasiswa perkuliahan, dalam menerima sehingga memengaruhi prestasi akademik.



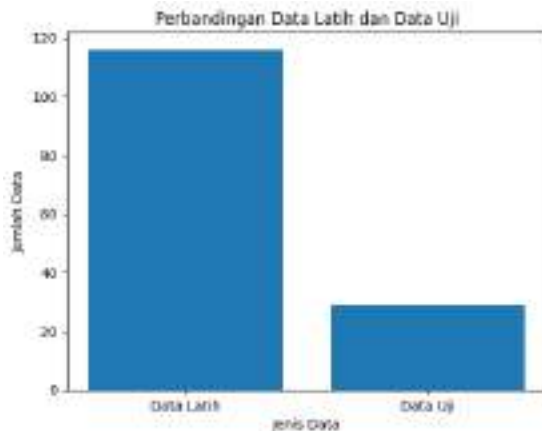
Gambar 4. Distribusi *Weekly Study Hours*

Gambar 5 menunjukkan distribusi jam belajar mingguan mahasiswa. Terlihat

adanya variasi durasi belajar antar mahasiswa, yang mencerminkan perbedaan kebiasaan belajar (Aprilia et al., 2021). Variasi ini dapat memengaruhi perbedaan capaian prestasi akademik, sehingga atribut *Weekly_study_hours* digunakan sebagai salah satu variabel input dalam proses klasifikasi.

Splitting Dataset

Splitting Data memperlihatkan pembagian dataset menjadi data latih dan data uji dengan rasio 80% dan 20% yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian model *Random forest* (Muningsih, 2022).



Gambar 5. Perbandingan Jumlah Data Latih

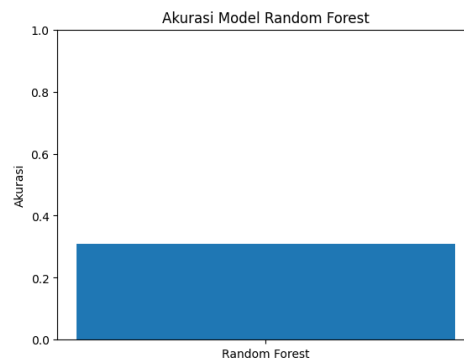
Penerapan Algoritma *Random forest*

Algoritma *Random forest* diterapkan sebagai metode klasifikasi dalam penelitian ini. Seluruh atribut independen digunakan sebagai variabel input, sedangkan atribut *Grade* digunakan sebagai variabel target. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan data latih yang telah dipersiapkan pada tahap sebelumnya.

Akurasi Model: 0.3103448275862069

Gambar 6. Hasil Akurasi Model

Setelah itu hasil akurasinya *random forest* di visualkan



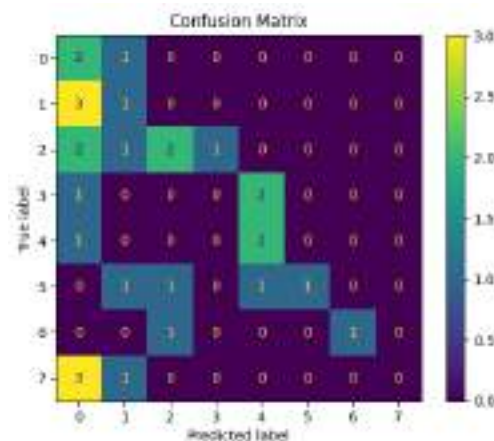
Gambar 7. Visual Hasil Akurasi *Random forest*

Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk mengukur kinerja algoritma *Random forest* dalam mengklasifikasikan prestasi akademik mahasiswa. Metode evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *confusion matrix* dan akurasi (Jin et al., 2020).

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.17	0.67	0.27	3
1	0.20	0.25	0.22	4
2	0.50	0.33	0.40	6
3	0.00	0.00	0.00	3
4	0.40	0.67	0.50	3
5	1.00	0.25	0.40	4
6	1.00	0.50	0.67	2
7	0.00	0.00	0.00	4
accuracy			0.31	29
macro avg	0.41	0.33	0.31	29
weighted avg	0.40	0.31	0.29	29

Gambar 8. Hasil *Precision, Recal, F1-Score*



Gambar 9. Visual *Confussion Matrix*

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan *dataset Students Performance* dengan pendekatan *machine learning* dan algoritma *Random forest*,

Algoritma *Random forest* dapat diterapkan untuk melakukan klasifikasi prestasi akademik mahasiswa berdasarkan atribut akademik dan non-akademik yang terdapat pada dataset.

Tahap eksplorasi data menunjukkan bahwa distribusi kelas *Grade* tidak merata, sehingga memengaruhi kemampuan model dalam melakukan klasifikasi secara optimal.

Hasil evaluasi model menggunakan *confusion matrix* menunjukkan bahwa masih terdapat kesalahan klasifikasi pada beberapa kelas *Grade*, khususnya pada kelas dengan jumlah data yang relatif sedikit.

Model *Random forest* menghasilkan nilai akurasi sebesar 31,03%, yang mengindikasikan bahwa performa model masih tergolong rendah dan memerlukan peningkatan lebih lanjut.

Analisis *feature importance* menunjukkan bahwa atribut *Attendance*, *Weekly_study_hours*, dan *Listening_in_class* merupakan faktor dominan yang memengaruhi prestasi akademik mahasiswa

Algoritma *Random forest* mampu mengklasifikasikan prestasi akademik dengan hasil akurasi 31,03%. Temuan ini menjawab permasalahan mitra (Universitas Tiga Serangkai) dalam memetakan faktor kunci keberhasilan mahasiswa, yaitu tingkat kehadiran dan durasi belajar.

E. DAFTAR PUSTAKA

Afandi, M. C., Indahyanti, U., Setiawan, H., & Kautsar, I. A. (2025). Perbandingan Algoritma Machine Learning dalam Memprediksi Kelulusan Mahasiswa. *SemanTIK : Teknik Informasi*, 11(2), 96–105. <https://doi.org/10.55679/semantik.v11i2>

.154

Al-Shanableh, N., Alzyoud, M. S., Khalil, A., Benlamine, M., Kraidia, I., Damrah, S., & Tabakhi, A. M. (2026). Forecasting Students' Academic Performance in Educational Data Using Machine Learning Techniques. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 22(1). <https://doi.org/10.4018/IJICTE.399756>

Almufqi, F. M., & Voutama, A. (2023). Perbandingan Metode Data Mining Untuk Memprediksi Prestasi Akademik Siswa. *Jurnal Teknik*, 15(1), 61–66. <https://doi.org/10.30736/jt.v15i1.929>

Anofrizen, Syaifullah, Rahmah, N., Ramadhani, S. A., Sandero, A. A., & Lubis, F. S. (2026). Literature Review: Penerapan Algoritma Machine Learning pada Sistem Informasi Akademik untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu. *JOECY: Journal of Innovative and Creativity*, 6(2), 29083–29097. <https://doi.org/10.31004/joecy.v6i2.11149>

Apriliyah, W., Kurniawan, I., Baydhowi, M., & Haryati, T. (2021). Prediksi Kemungkinan Diabetes pada Tahap Awal Menggunakan Algoritma Klasifikasi Random Forest. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 10(1), 163–171. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i1.1129>

Azis, A. R. (2025). Analisis Komparasi Algoritma Machine Learning dalam Prediksi Performa Akademik Mahasiswa: Literature Review. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 4(2), 143–148. <https://doi.org/10.54082/jiki.212>

Dachi, J. M. A. S., & Sitompul, P. (2023). Comparison Analysis of the XGBoost Algorithm and Random Forest Ensemble Learning Algorithm in Credit



- Decision Classification. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2), 87–103. <https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v2i2.1470>
- Fatunnisa, A., & Marcos, H. (2024). Prediksi Kelulusan Tepat Waktu Siswa SMK Teknik Komputer Menggunakan Algoritma Random Forest. *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, 14(1), 101–111. <https://doi.org/10.34010/jamika.v14i1.12114>
- Firdaus, U., Alfiah, A., & Mohdo, L. (2026). Analisis Kinerja Decision Tree dan Random Forest Menggunakan Dataset Breast Cancer. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 6(1), 37–42. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v6i01.7892>
- Jin, Z., Shang, J., Zhu, Q., Ling, C., Xie, W., & Qiang, B. (2020). RFRSF: Employee Turnover Prediction Based on Random Forests and Survival Analysis. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12343 LNCS, 503–515. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62008-0_35
- Kharoua, R. El. (2024). *Students Performance Dataset*. <https://www.kaggle.com/datasets/rabiee/kharoua/students-performance-dataset>
- Kuswanto, J., & Hakim, L. (2025). Penerapan Algoritma Random Forest untuk memprediksi Performa Akademik Mahasiswa. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 5(1), 262–270. <https://doi.org/10.51454/decode.v5i1.1103>
- Muningsih, E. (2022). Kombinasi Metode K-Means Dan Decision Tree Dengan Perbandingan Kriteria Dan Split Data. *Jurnal Teknoinfo*, 16(1), 113. <https://doi.org/10.33365/jti.v16i1.1561>

ANALISIS PENGARUH FITUR EMOSI MUSIK TERHADAP POPULARITAS LAGU SPOTIFY MENGGUNAKAN RANDOM FOREST DAN SHAP

Giatika Chrisnawati¹⁾, Muhammad Taqy Hafizh²⁾, Hisar Maini Siregar³⁾, Faizah Nabilah⁴⁾

^{1,2,3,4}Prodi Teknologi Informasi, Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

Correspondence author: G. Chrisnawati, giatika.gcw@bsi.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

The rapidly growing digital music industry, enabled by the Spotify platform, enables in-depth analysis of the emotional factors that influence a song's popularity. This study aims to identify significant emotional features, analyze their influence on the number of streams, and develop a data-driven model for predicting song popularity. The research method is an experimental artificial intelligence (machine learning) approach that applies the Random Forest Regression algorithm combined with the Shapley Additive Explanations (SHAP) interpretability method. The research stages include collecting datasets from Kaggle, data preprocessing, model training, and evaluation using the Coefficient of Determination (R^2), Mean Absolute Error (MAE), and Root Mean Square Error (RMSE). The results show that valence, danceability, acousticness, and energy have the greatest influence on the number of streams, while instrumentalness has the least. Based on the Shapley Additive Explanations analysis, high emotional values, valence, and danceability contribute positively to song popularity. This study concludes that combining the Random Forest algorithm with the Shapley Additive Explanations method is effective for predicting and understanding the emotional factors that determine song success on Spotify.

Keywords : *prediction, music popularity, emotional features, Spotify, machine learning*

Abstrak

Industri musik digital yang berkembang pesat melalui platform Spotify memungkinkan analisis mendalam mengenai faktor emosional yang memengaruhi popularitas sebuah lagu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi fitur emosional yang signifikan, menganalisis pengaruhnya terhadap jumlah *stream*, serta membangun model prediksi popularitas lagu menggunakan pendekatan berbasis data. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental kecerdasan buatan (*machine learning*) dengan menerapkan algoritma *Random Forest Regression* yang dipadukan dengan metode interpretabilitas *SHapley Additive Explanations* (SHAP). Tahapan penelitian meliputi pengumpulan kumpulan data (*dataset*) dari Kaggle, pra-pemrosesan data, pelatihan model, serta evaluasi menggunakan metrik *Coefficient of Determination* (R^2), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitur *valence*, *danceability*, *acousticness*, dan *energy* memiliki pengaruh paling signifikan terhadap jumlah *stream*, sementara fitur

instrumentalness tercatat memiliki pengaruh paling kecil. Berdasarkan analisis *SHapley Additive Explanations*, nilai emosional yang tinggi pada fitur *valence* dan *danceability* berkontribusi positif terhadap popularitas lagu. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi algoritma *Random Forest* dan metode *SHapley Additive Explanations* efektif dalam memprediksi serta memahami faktor-faktor emosional yang menentukan kesuksesan lagu di platform Spotify.

Kata Kunci : prediksi, popularitas musik, fitur emosi, spotify, *machine learning*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan besar dalam industri musik. Kehadiran platform streaming seperti Spotify tidak hanya memungkinkan pengguna mengakses jutaan lagu secara instan, tetapi juga menyediakan data yang kaya mengenai karakteristik audio dan perilaku pendengar (I. K. D. Setiawan et al., 2026). Musik, selain sebagai bentuk hiburan dan ekspresi seni, merupakan media komunikasi emosional yang kompleks. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa musik mampu membangkitkan, merepresentasikan, dan memodulasi emosi manusia secara signifikan, baik secara sadar maupun tidak sadar (Feng & Wang, 2025).

Musik dalam kehidupan sehari-hari berfungsi sebagai media untuk mengatur suasana hati, mendukung berbagai aktivitas, serta merepresentasikan identitas pendengar. Penelitian oleh (Loureiro et al., 2024), menunjukkan bahwa pemilihan musik secara personal berperan dalam proses regulasi emosi dan pembentukan identitas individu, di mana pendengar memanfaatkan musik untuk menyesuaikan mood, merefleksikan pengalaman personal, serta membangun keterikatan emosional dengan diri mereka sendiri. Popularitas musik kini menjadi indikator penting dalam industri kreatif karena berpengaruh pada strategi pemasaran, sistem rekomendasi, dan keputusan bisnis (Simalango et al., 2025). Penelitian empiris menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti perilaku

pengguna, algoritma rekomendasi, dan konteks sosial budaya memiliki peran signifikan dalam menentukan tingkat popularitas musik, selain pengaruh promosi dan reputasi artis (Ye et al., 2024).

Seiring tersedianya data musik dalam jumlah besar, pendekatan analisis berbasis data menjadi sangat relevan untuk memahami dan memprediksi tren popularitas di era digital (Tannady et al., 2024). Dalam penelitian ini, *Random Forest Regressor* dipilih karena kemampuannya untuk mengenali pola hubungan yang tidak linier dan fitur-fitur yang saling berinteraksi secara kompleks dalam data. Dengan menyatukan hasil dari sejumlah pohon keputusan yang membentuk *ensemble*, metode ini dapat memberikan prediksi yang lebih konsisten dan akurat, terutama ketika pola data tidak dapat ditangani oleh model regresi linier sederhana. (A. Setiawan et al., 2024). Model ini juga menunjukkan performa yang baik pada data musik karena dapat mengolah variabel-variabel audio yang saling berhubungan.

Penelitian ini memfokuskan analisis pada fitur-fitur emosi musik seperti *danceability*, *energy*, *valence*, *acousticness*, *speechiness*, *liveness*, dan *instrumentalness* untuk mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap jumlah *stream* lagu di Spotify. Dengan memanfaatkan *Random Forest* dan metode interpretabilitas *SHAP* (*SHapley Additive Explanations*), penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam

mengenai kontribusi masing-masing fitur emosional terhadap popularitas musik.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem rekomendasi berbasis emosi, mendukung strategi industri musik, serta memperkaya kajian ilmiah terkait analisis data musik menggunakan pendekatan *machine learning*.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis yang dimulai dari pengumpulan data hingga interpretasi hasil model. Fokus utama penelitian ini terletak pada penerapan algoritma *Random Forest* sebagai metode pemodelan prediktif dan *SHapley Additive exPlanations* (SHAP) sebagai metode interpretasi model. Alur kerja penelitian secara lengkap digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Identifikasi Masalah

Tahapan penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah yang berfokus pada tantangan dalam proses pemodelan prediktif menggunakan dataset yang tersedia. Permasalahan yang dikaji tidak hanya berfokus pada pencapaian tingkat akurasi prediksi yang tinggi, namun juga pada aspek interpretabilitas model yakni kemampuan model dalam memberikan penjelasan komprehensif terkait pengaruh setiap variabel input yang digunakan. Oleh karena itu, perhatian utama penelitian ini diarahkan pada optimasi algoritma *Random Forest* untuk menghasilkan prediksi yang andal, serta integrasi metode *SHapley Additive exPlanations* (SHAP) untuk menginterpretasikan kontribusi masing-masing fitur terhadap hasil prediksi secara transparan.

Studi Literatur

Tahap ini dilakukan melalui penelaahan berbagai referensi ilmiah terkait *Random Forest* dan *SHapley Additive exPlanations* (SHAP). Tujuannya adalah untuk memahami landasan teoretis, prinsip kerja, serta meninjau implementasi metode tersebut pada penelitian terdahulu guna memperkuat kerangka berpikir dalam penelitian ini.

Pengumpulan Dataset

Data diperoleh dari sumber publik Kaggle.com yang berisi dataset lagu Spotify dengan atribut audio numerik seperti *danceability*, *energy*, *valence*, *tempo*, dan *loudness* (Branchris et al., 2026). Variabel yang relevan dipilih kemudian melalui proses pengolahan menyeluruh, meliputi pembersihan data (*data cleaning*) dan normalisasi fitur. Variabel-variabel utama yang menjadi fokus penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Fitur Emosi Musik

Atribut	Defenisi
<i>Danceability</i>	seberapa enak lagi itu unukt menari
<i>Energy</i>	seberapa kuat atau intens musiknya
<i>Valence</i>	apakah lagu itu terdengar bahagia atau sedih

Atribut	Defenisi
<i>Acousticness</i>	seberapa akustik atau alami bunyinya.
<i>Speechiness</i>	seberapa banyak unsur percakapan / vokal
<i>Liveness</i>	apakah lagu terdengar seperti rekaman live.
<i>Instrumental</i>	seberapa banyak bagian instrumental tanpa vokal.

Pra-pemrosesan Data (Pre-processing)

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya melalui tahapan pra-pemrosesan secara sistematis untuk meningkatkan kualitas *dataset*. Tahap pembersihan data dilakukan dengan mengidentifikasi serta menghapus anomali, duplikasi, dan nilai yang hilang (*missing values*) guna menjamin validitas informasi (Gori et al., 2024). Selain itu, dilakukan normalisasi untuk menyelaraskan skala antarvariabel guna mencegah bias dan memastikan konsistensi data. Rangkaian proses ini bertujuan menghasilkan dataset yang bersih dan terstruktur, sehingga siap digunakan dalam tahap pelatihan model *Random Forest*.

Pembangunan Model Random Forest

Setelah data siap, algoritma *Random Forest* digunakan untuk membangun model prediksi. *Random Forest* merupakan algoritma berbasis ensemble learning yang terdiri dari banyak pohon keputusan (*decision tree*). Model ini bekerja dengan menggabungkan hasil prediksi dari masing-masing pohon untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat.

Pengujian Model

Model yang telah dilatih dievaluasi menggunakan data uji (*testing data*) untuk menilai kinerja dan kemampuan generalisasinya terhadap data baru. Evaluasi ini krusial untuk memastikan model tidak hanya optimal pada data latih, tetapi juga andal saat menghadapi pola data yang bersifat umum. Kinerja model diukur menggunakan tiga metrik regresi utama:

1. R^2 (*Coefficient of Determination*): Mengukur sejauh mana variasi data dapat dijelaskan oleh model.

2. MAE (*Mean Absolute Error*): Menghitung rata-rata kesalahan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual.
3. RMSE (*Root Mean Square Error*): Ukuran kesalahan yang lebih sensitif terhadap penyimpangan prediksi yang besar.

Kombinasi nilai yang tinggi serta nilai MAE dan RMSE yang rendah menunjukkan bahwa model *Random Forest* yang dibangun memiliki tingkat akurasi dan keandalan yang optimal dalam memprediksi popularitas musik.

Interpretasi Model Menggunakan SHAP

Setelah tahap pelatihan model *Random Forest*, dilakukan interpretasi prediksi menggunakan metode *SHapley Additive exPlanations* (SHAP). Sebagai bagian dari pendekatan *Explainable Artificial Intelligence* (XAI), SHAP menguraikan kontribusi setiap fitur terhadap hasil prediksi berdasarkan konsep nilai Shapley dari teori permainan (Hapsari et al., 2026). Metode ini memungkinkan atribusi pengaruh fitur dilakukan secara aditif dan konsisten, sehingga memberikan transparansi terhadap keputusan model yang bersifat *black-box* (Rosyid & Pramaditya, 2025).

Hasil interpretasi SHAP disajikan melalui berbagai visualisasi, seperti *summary plot* dan *dependence plot*, untuk menggambarkan pengaruh relatif setiap fitur secara kuantitatif maupun individual. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel yang paling signifikan memengaruhi *output* model, sehingga keputusan yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan lebih mudah dipahami (Airlangga, 2024).

Evaluasi dan Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir penelitian ini melibatkan evaluasi menyeluruh terhadap kinerja model *Random Forest* menggunakan metrik penilaian regresi yang relevan guna mengukur tingkat keandalan dan konsistensi prediksi. Selain aspek teknis, hasil interpretasi dari metode SHAP

dianalisis untuk memahami pola kontribusi fitur terhadap *output* model secara mendalam.

Berdasarkan integrasi hasil evaluasi kinerja dan analisis interpretabilitas tersebut, disusunlah sebuah kesimpulan komprehensif. Kesimpulan ini mencakup tingkat akurasi model, identifikasi fitur-fitur yang paling signifikan memengaruhi popularitas lagu, serta sejauh mana model yang dikembangkan menjawab rumusan masalah penelitian. Melalui pendekatan ini, hasil penelitian tidak hanya memberikan luaran teknis tetapi juga penjelasan ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis pengaruh fitur emosional musik terhadap popularitas lagu di Spotify menggunakan algoritma *Random Forest Regression* dan metode interpretabilitas SHAP. Dataset yang bersumber dari Spotify Web API mencakup fitur emosional seperti *danceability*, *energy*, *valence*, *acousticness*, *speechiness*, *liveness*, dan *instrumentalness* dengan variabel target berupa jumlah *stream*.

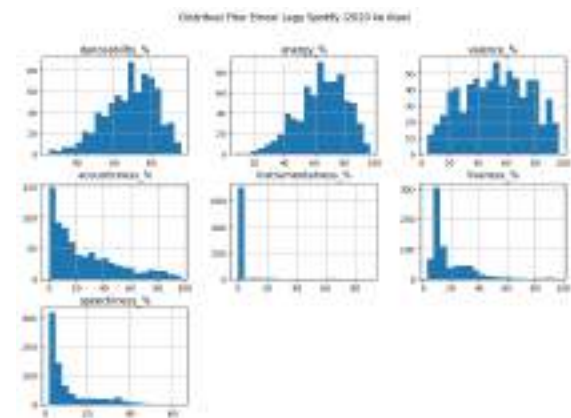
Data dibagi dengan proporsi 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian. Hasil evaluasi menunjukkan model *Random Forest* memiliki performa yang cukup baik dengan nilai prediksi yang mendekati nilai aktual. Meskipun terdapat kecenderungan *underestimate* (prediksi sedikit di bawah nilai asli) pada jumlah *stream* tertentu, model ini tetap dinilai andal dalam menangkap tren popularitas berdasarkan karakteristik audio yang digunakan.

Distribusi Fitur Emosi Lagu

Hasil analisis statistik deskriptif terhadap dataset lagu populer Spotify sejak tahun 2020 menunjukkan karakteristik emosional yang spesifik. Fitur *danceability* mencatat rata-rata tertinggi ($\approx 68,88$), diikuti oleh *energy* ($\approx 64,88$). Hal ini mengindikasikan bahwa audiens cenderung menyukai lagu dengan ritme yang kuat,

terstruktur, dan memiliki intensitas energi yang tinggi.

Sementara itu, fitur *valence* berada pada angka moderat ($\approx 52,49$), menunjukkan keseimbangan antara nuansa emosi positif dan negatif. Rendahnya nilai *instrumentalness* ($\approx 1,13$) menegaskan dominasi unsur vokal pada lagu-lagu populer. Secara keseluruhan, temuan ini menyimpulkan bahwa tren lagu populer pada periode tersebut memiliki ciri khas dominasi vokal, berenergi tinggi, serta bersifat ritmis.



Gambar 2. Distribusi Fitur Emosi Lagu

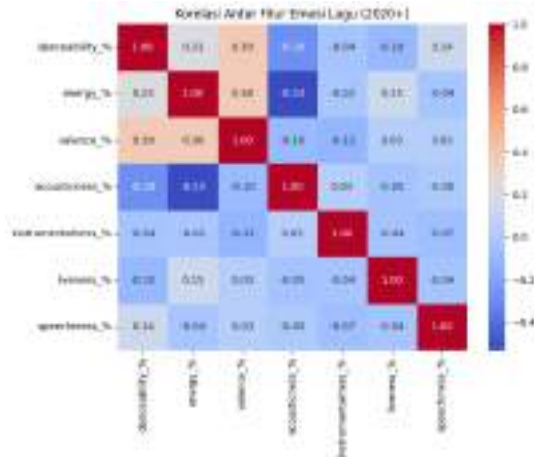
Korelasi Antar Fitur Emosi Lagu

Hubungan antar fitur audio secara umum berada pada tingkat lemah hingga sedang. Hal ini menunjukkan bahwa setiap fitur merepresentasikan dimensi karakteristik audio yang berbeda. Temuan utama dalam analisis korelasi ini adalah:

1. Korelasi Positif: Fitur *danceability*, *energy*, dan *valence* saling berkorelasi positif, menunjukkan bahwa lagu yang energik dan ritmis cenderung membawa nuansa emosional yang positif.
2. Korelasi Negatif: *Acousticness* memiliki korelasi negatif yang cukup kuat dengan *energy*, mengindikasikan bahwa lagu akustik cenderung memiliki intensitas energi yang lebih rendah.
3. Independensi Fitur: Rendahnya korelasi pada fitur *instrumentalness*, *liveness*, dan *speechiness* terhadap variabel lain

menunjukkan pengaruh yang bersifat kontekstual dan non-linear.

Rendahnya risiko multikolinearitas (tidak adanya korelasi yang sangat tinggi antar-fitur) memperkuat justifikasi penggunaan algoritma *Random Forest Regression* dalam penelitian ini, karena setiap fitur dapat memberikan kontribusi informasi yang unik terhadap model.



Gambar 3. Korelasi Antar Fitur Emosi Lagu

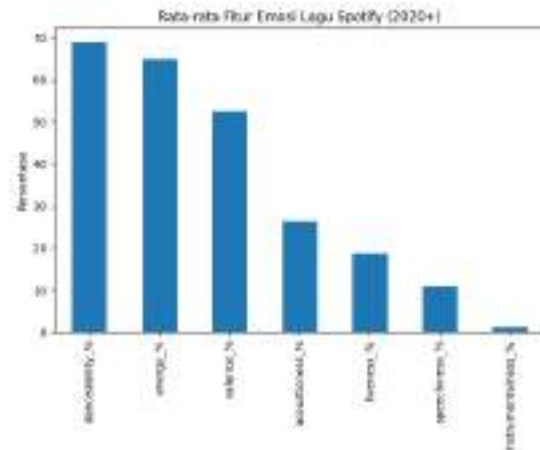
Rata-Rata Fitur Emosi Lagu

Analisis terhadap fitur emosional lagu populer di Spotify periode 2020 ke atas menunjukkan pola karakteristik yang konsisten:

1. *Danceability* rata-rata tertinggi ($\approx 68,88$), menandakan ritme yang mudah diikuti dan mendukung gerakan tari.
2. *Energy* relatif tinggi ($\approx 64,88$), mencerminkan intensitas akustik kuat, tempo cepat, dan nuansa produksi yang energik.
3. *Valence* berada di tingkat menengah ($\approx 52,49$), menunjukkan keseimbangan antara ekspresi emosional positif dan negatif.
4. *Acousticness* sedang ($\approx 26,34$), mengindikasikan dominasi elemen digital dibandingkan akustik murni.
5. *Liveness* ($\approx 18,58$) dan *Speechiness* ($\approx 10,99$) rendah-menengah, menandakan

minimnya format live maupun spoken word.

6. *Instrumentalness* paling rendah ($\approx 1,13$), menegaskan dominasi vokal dibandingkan komposisi instrumental.



Gambar 4. Rata-Rata Fitur Emosi Lagu

Hasil Evaluasi Multi-Target Regression

Hasil evaluasi terhadap fitur emosi lagu menunjukkan bahwa:

1. *Energy_%* memiliki performa prediksi terbaik dengan nilai $R^2 = 0,23$, yang berarti model mampu menjelaskan sekitar 23% variasi tingkat energi lagu. Hal ini menegaskan bahwa energi lagu cukup erat terkait dengan karakteristik fisik audio (intensitas, tempo, struktur suara), sehingga lebih mudah ditangkap oleh model.
2. *Valence_%* dan *Danceability_%* menunjukkan nilai R^2 rendah, menandakan keterbatasan model dalam memprediksi emosi positif maupun tingkat kemudahan lagu untuk ditarikan hanya dari fitur audio numerik.
3. Kedua aspek tersebut lebih bersifat subjektif dan kontekstual, sehingga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti lirik, genre, serta preferensi pendengar.

```
=== HASIL EVALUASI MULTI-TARGET REGRESSION (2020+) ===

Target Emosi: valence_%
MAE : 17.486837202412364
RMSE : 22.253773517852206
R² : 0.046018151140975516

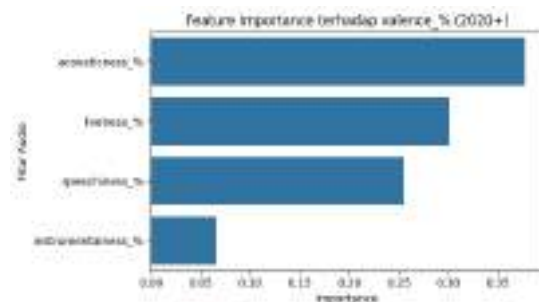
Target Emosi: energy_%
MAE : 11.190907957460027
RMSE : 13.757504642048527
R² : 0.23375557098102773

Target Emosi: danceability_%
MAE : 10.612644731942735
RMSE : 13.226488135680302
R² : 0.0077749522541976646
```

Gambar 5. Hasil evaluasi Multi-Target

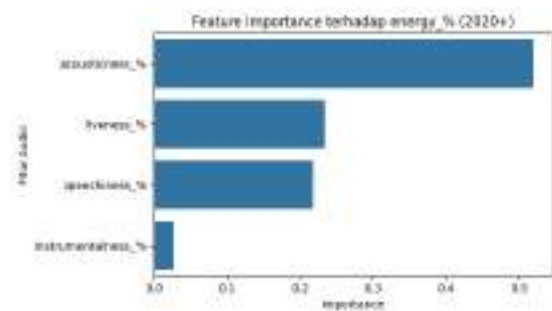
Pembahasan *Feature Importance*

Analisis *feature importance* memperlihatkan bahwa setiap dimensi emosi lagu dipengaruhi oleh kombinasi fitur audio dengan kontribusi berbeda.



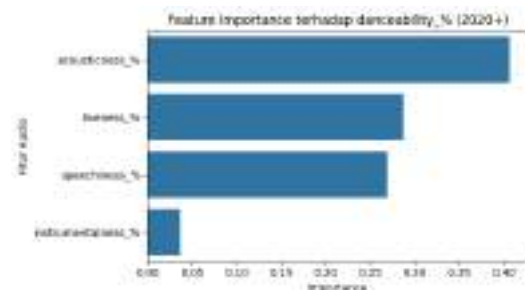
Gambar 6. *Feature Importance* terhadap *valence*

1. *Acousticness* ($\approx 0,38$) → faktor paling dominan, menunjukkan bahwa karakter akustik berperan besar dalam membentuk persepsi emosional positif/negatif.
2. *Liveness* ($\approx 0,30$) → kontribusi signifikan, menandakan suasana live turut memengaruhi valensi emosional.
3. *Speechiness* ($\approx 0,25$) → keberadaan elemen spoken word juga memberi pengaruh cukup kuat terhadap persepsi emosi.
4. *Instrumentalness* ($\approx 0,07$) → kontribusi kecil, menegaskan bahwa instrumen murni tidak terlalu menentukan valensi emosional.



Gambar 7. *Feature Importance* terhadap energi

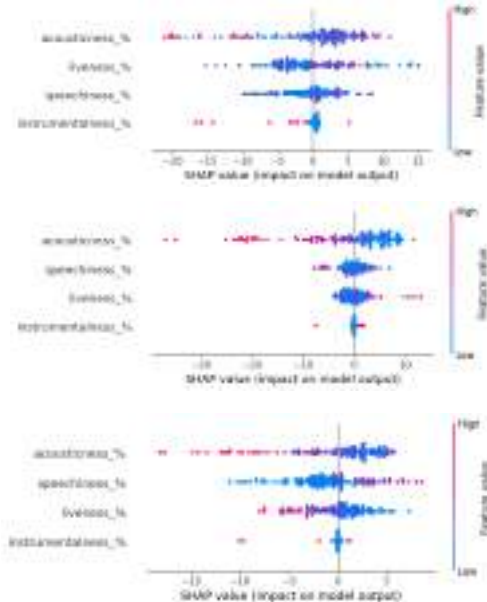
Energy_% *Acousticness* kembali menjadi faktor dominan ($\approx 0,52$), menunjukkan bahwa tingkat energi lagu sangat terkait dengan sifat akustik atau digital dari produksi musik. *Liveness* ($\approx 0,23$) dan *speechiness* ($\approx 0,22$) juga berperan, meskipun dengan pengaruh lebih rendah. *Instrumentalness* memiliki kontribusi minimal ($\approx 0,03$), sehingga dapat disimpulkan bahwa energi lebih ditentukan oleh intensitas akustik dan dinamika vokal dibandingkan komposisi *instrumental*.



Gambar 8. *Feature Importance* terhadap *danceability*

Danceability_% *Acousticness* tetap menjadi variabel utama ($\approx 0,41$), diikuti oleh *liveness* ($\approx 0,29$) dan *speechiness* ($\approx 0,27$). Hal ini menunjukkan bahwa kemudahan lagu untuk ditarikan tidak hanya bergantung pada ritme, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas akustik, nuansa live, serta elemen vokal/spoken word. *Instrumentalness* kembali memiliki pengaruh yang sangat kecil ($\approx 0,04$).

SHAP Value Analysis



Gambar 9. SHAP Value Analysis

Visualisasi SHAP digunakan untuk menginterpretasikan pengaruh fitur audio terhadap output model. Hasil analisis menunjukkan:

1. *Acousticness_%* kontribusi paling besar, ditunjukkan oleh sebaran nilai SHAP yang paling luas. Nilai tinggi meningkatkan output model, sedangkan nilai rendah memberi pengaruh negatif.
2. *Liveness_%* dan *Speechiness_%* berpengaruh cukup berarti, namun dengan rentang SHAP lebih sempit. Keduanya berperan sebagai faktor pendukung dalam prediksi.
3. *Instrumentalness_%* kontribusi paling rendah, dengan nilai SHAP mayoritas di sekitar nol. Perubahan nilai fitur ini tidak signifikan terhadap hasil prediksi.

Analisis Hasil

Hasil pemodelan dan pengujian menunjukkan bahwa fitur emosional musik memiliki pengaruh berbeda terhadap popularitas lagu di Spotify. Model *Random Forest Regression* berhasil menangkap hubungan non-linear antar fitur audio, sehingga prediksi jumlah stream lagu cukup representatif.

Statistik deskriptif memperlihatkan bahwa lagu populer cenderung memiliki *danceability* dan *energy* tinggi, serta *instrumentalness* sangat rendah. Hal ini menegaskan preferensi pendengar terhadap lagu dengan ritme mudah diikuti, energi kuat, dan dominasi vokal.

Feature importance & SHAP mengungkapkan bahwa:

1. *Acousticness* menjadi fitur paling berpengaruh, dengan nilai tinggi maupun rendah berdampak signifikan pada prediksi.
2. *Liveness* dan *Speechiness* berperan sebagai faktor pendukung dengan kontribusi moderat.
3. *Instrumentalness* konsisten menunjukkan pengaruh paling rendah.

D. PENUTUP

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan algoritma *Random Forest Regression* untuk memprediksi popularitas lagu di Spotify berdasarkan fitur emosi musik dengan hasil yang cukup representatif. Berdasarkan analisis deskriptif, lagu-lagu populer pasca-2020 didominasi oleh karakteristik *danceability* dan *energy* yang tinggi, yang mencerminkan preferensi audiens terhadap musik ritmis dan enerjik. Hasil interpretasi menggunakan metode SHAP menunjukkan bahwa fitur *acousticness* dan *valence* memiliki pengaruh paling signifikan terhadap jumlah *stream*. Meskipun model memiliki kecenderungan sedikit merendahkan estimasi (*underestimate*) pada angka pemutaran yang sangat tinggi, secara keseluruhan hasil penelitian ini mampu memberikan transparansi ilmiah mengenai faktor-faktor emosional yang mendorong keberhasilan sebuah karya musik di platform digital.

E. DAFTAR PUSTAKA

Airlangga, G. (2024). Comparing BDD and

- TDD: Machine Learning Analysis of Software Quality with SHAP Interpretability. *Sinkron: Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika*, 8(4), 2615–2625. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i4.14201>
- Branchris, Yech, K. A., & Wijaya, A. (2026). Klasterisasi Lagu pada Dataset Spotify Berdasarkan Fitur Audio Menggunakan Algoritma K-Means. *Sinergi: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(1), 106–117. <https://publikasi.ahlalkamal.com/index.php/sinergi/article/view/251>
- Feng, Y., & Wang, M. (2025). Effect of music therapy on emotional resilience, well-being, and employability: a quantitative investigation of mediation and moderation. *BMC Psychology*, 13, 47. <https://doi.org/10.1186/s40359-024-02336-x>
- Gori, T., Sunyoto, A., & Fatta, H. Al. (2024). Preprocessing Data dan Klasifikasi untuk Prediksi Kinerja Akademik Siswa. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 215–224. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20241118074>
- Hapsari, L. N., Fannani, I., Rahmawati, Y., & Muhariya, A. (2026). Explainable Machine Learning untuk Prediksi Risiko Penyakit Jantung Menggunakan Random Forest dan Analisis SHAP. *REMIK: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 10(1), 190–199. <https://doi.org/10.33395/remik.v10i1.15766>
- Loureiro, C., van der Meulen, K., & del Barrio, C. (2024). Why I listen to music: Emotion regulation and identity construction through music in mid-adolescence. *Empiria*, 60. <https://doi.org/10.5944/empiria.60.2024.39285>
- Rosyid, I. F., & Pramaditya, H. (2025). Visual Interpretation of Machine Learning Models (Random Forest) for Lung Cancer Risk Classification Using Explainable Artificial Intelligence (SHAP & LIME). *JUTIF: Jurnal Teknik Informatika*, 6(4), 2187–2206. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2025.6.44925>
- Setiawan, A., Utami, E., & Ariatmanto, D. (2024). Cattle Weight Estimation Using Linear Regression and Random Forest Regressor. *Jurnal RESTI*, 8(1), 72–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.29207/resti.v8i1.5494>
- Setiawan, I. K. D., Sudiarsa, I. W., Naratama, I. P. D., & Nope, A. T. (2026). Analisis Klasifikasi Perilaku Pengguna Terhadap Customer Churn Pada Layanan Musik Spotify Menggunakan Metode Random Forest. *JMA: Jurnal Media Akademik*, 4(1), 1–15. <https://doi.org/10.62281/qcrcst95>
- Simalango, H. M., Amelia, E., Marsyanda, R., Ananda, D., Putra, M. R. S., Setiawan, A. Y., & Chanthay, C. (2025). Music, Algorithms, and Popularity: How TikTok Trends Act as Catalysts in Shaping Contemporary Culture. *Musikolastika: Jurnal Pertunjukan Dan Pendidikan Musik*, 7(2), 140–153. <https://doi.org/10.24036/musikolastika.v7i2.239>
- Tannady, H., Andry, J. F., & Honni. (2024). Analisis Big Data Spotify dengan Metode Data Mining. *JBASE - Journal of Business and Audit Information Systems*, 7(2), 52–59. <https://doi.org/10.30813/jbase.v7i2.6261>
- Ye, G., Zhao, Y., Qiu, T., & Wang, H. (2024). Analysis of Factors Influencing Music Popularity and Trend Prediction. *Frontiers in Science and Engineering*, 4(12). <https://doi.org/10.54691/sftbz407>

IMPLEMENTASI REST API GOLANG PADA SISTEM PRESENSI WAJAH BERBASIS FACE EMBEDDING ARCFACE

Septian Dwiky Hermawan¹⁾, Landung Sudarmana²⁾, Gustina Sapriani³⁾

^{1,2,3}Prodi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

Correspondence author: SD Hermawan, septiandwiky959@gmail.com, Boyolali, Indonesia

Abstract

Conventional attendance systems carry a high risk of data manipulation, necessitating more secure biometric technology. This study aims to implement a facial biometric attendance system using a REST API architecture with the Golang programming language. The research method used is applied research, while system development follows the Waterfall model. The facial recognition process is carried out by extracting image features into a numerical representation, a face embedding (a 512-dimensional vector), using the ArcFace Convolutional Neural Network (CNN) model. The embedding data is stored in a PostgreSQL database using the pgvector extension to support cosine similarity search. Test results show that the system is capable of accurate identity verification. With a threshold of 0.43, the system achieved an accuracy of 78.04%, a False Acceptance Rate (FAR) of 0.00%, and a False Rejection Rate (FRR) of 23.15%. This demonstrates the effectiveness of using face embedding in a Golang REST API service for providing a secure, real-time attendance solution.

Keywords : rest api, Golang, presence system, face, CNN algorithm

Abstrak

Sistem presensi konvensional memiliki risiko manipulasi data yang tinggi, sehingga diperlukan teknologi biometrik yang lebih aman. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem presensi biometrik wajah menggunakan arsitektur REST API dengan bahasa pemrograman Golang. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan (applied research), sedangkan pengembangan sistem dalam penelitian ini mengikuti model Waterfall. Proses pengenalan wajah dilakukan dengan mengekstraksi fitur citra menjadi representasi numerik berupa *face embedding* (vektor 512-dimensi) melalui model *Convolutional Neural Network* (CNN) ArcFace. Data *embedding* disimpan dalam basis data PostgreSQL menggunakan ekstensi pgvector untuk mendukung pencarian kemiripan berbasis *cosine similarity*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan verifikasi identitas secara akurat. Dengan nilai ambang batas (*threshold*) 0,43, sistem memperoleh nilai akurasi 78,04% dengan *False Acceptance Rate* (FAR) 0,00% dan *False Rejection Rate* (FRR) 23,15%. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan *face embedding* pada layanan REST API Golang efektif dalam memberikan solusi presensi yang aman dan *real-time*.

Kata Kunci : rest api, golang, sistem presensi, wajah, algoritma cnn

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) secara global telah mendorong perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk pada sistem identifikasi dan verifikasi identitas (Saputri et al., 2024). Teknologi biometrik menjadi salah satu solusi utama dalam menjawab kebutuhan keamanan dan keandalan identifikasi karena memanfaatkan karakteristik biologis yang unik pada setiap individu, seperti sidik jari, iris mata, dan wajah (Zahra et al., 2025). Di antara berbagai metode biometrik, pengenalan wajah (*face recognition*) berkembang sangat pesat seiring kemajuan bidang *computer vision* dan *deep learning*, khususnya dengan penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu mengekstraksi fitur wajah secara mendalam dan akurat (Deng et al., 2022).

Secara global, sistem presensi berbasis biometrik telah banyak diadopsi pada sektor industri, pendidikan, dan pemerintahan untuk menggantikan metode konvensional yang dinilai kurang efektif dan rentan terhadap kecurangan (Lasisi et al., 2021). Sistem presensi manual seperti tanda tangan, kartu identitas, maupun presensi berbasis RFID masih memiliki kelemahan berupa potensi manipulasi kehadiran, ketergantungan pada perangkat fisik, serta keterbatasan integrasi data secara *real-time*. Kondisi ini mendorong kebutuhan akan sistem presensi modern yang tidak hanya mencatat kehadiran, tetapi juga mampu memverifikasi identitas pengguna secara otomatis, akurat, dan aman melalui teknologi biometrik wajah (Azizah et al., 2024).

Di tingkat nasional, transformasi digital yang terjadi di berbagai institusi pendidikan dan organisasi di Indonesia semakin menegaskan pentingnya penerapan sistem informasi yang terintegrasi dan efisien (Islam et al., 2025). Penerapan sistem

presensi digital menjadi bagian dari upaya peningkatan tata kelola, transparansi, dan akuntabilitas dalam manajemen sumber daya manusia (Darni, 2026). Namun demikian, masih banyak sistem presensi yang dikembangkan secara monolitik atau berbasis lokal (*standalone*), sehingga sulit diintegrasikan dengan sistem lain seperti *Human Resource Information System* (HRIS), sistem akademik, atau aplikasi lintas platform. Selain itu, sebagian sistem presensi wajah yang ada masih bergantung pada aplikasi tertentu dan belum memanfaatkan arsitektur layanan yang modular dan fleksibel (Sugeng & Mulyana, 2022).

Perkembangan metode pengenalan wajah berbasis *deep learning* menawarkan pendekatan yang lebih efisien melalui konsep *face embedding*. Pendekatan ini mengubah citra wajah menjadi representasi vektor numerik berdimensi tinggi yang bersifat unik bagi setiap individu (Romadhoni & Ardiani, 2026). Dengan menggunakan model CNN *pre-trained*, seperti *FaceNet* atau *ArcFace*, sistem tidak memerlukan pelatihan ulang setiap kali pengguna baru ditambahkan, melainkan cukup melakukan ekstraksi *embedding* dan mencocokkannya menggunakan metrik kesamaan seperti *cosine similarity* (Ryando et al., 2024). *ArcFace*, sebagai salah satu model *pre-trained* yang banyak digunakan, terbukti mampu menghasilkan representasi wajah yang diskriminatif dengan meningkatkan jarak antar kelas dan memperkecil jarak dalam kelas melalui pendekatan *Additive Angular Margin Loss* (Deng et al., 2022).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem presensi wajah berbasis CNN dan *face embedding* mampu mencapai tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian oleh (Azizah et al., 2024) menunjukkan bahwa penerapan CNN pada sistem presensi mahasiswa mampu mengenali wajah secara *real-time* dengan akurasi yang baik. Penelitian lain oleh

(Meldyantono & Poetro, 2025) membuktikan bahwa penggunaan *FaceNet* pada sistem absensi dapat mencapai akurasi hingga 100% pada kondisi pengujian tertentu. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengembangan aplikasi secara monolitik dan belum menekankan aspek arsitektur *backend* yang modular serta kemudahan integrasi lintas platform.

Selain itu, penelitian terkait pengembangan layanan *Application Programming Interface* (API) umumnya masih berfokus pada aspek performa dan integrasi data, tanpa dikaitkan langsung dengan sistem biometrik berbasis pengenalan wajah. Penelitian oleh (Setiawan et al., 2025) menunjukkan bahwa arsitektur layanan berbasis API dan *microservices* mampu meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas sistem, namun belum secara spesifik diterapkan pada sistem presensi wajah dengan pemrosesan *face embedding*. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian (*research gap*) dalam integrasi langsung antara model pengenalan wajah berbasis CNN *pre-trained* dan layanan REST API yang dirancang khusus untuk kebutuhan presensi biometrik.

Di tingkat lokal, kebutuhan akan sistem presensi yang fleksibel dan mendukung penggunaan lintas perangkat (*multi-device*) semakin meningkat seiring penerapan pola kerja dan pembelajaran yang lebih dinamis. Sistem presensi wajah yang terintegrasi melalui REST API memungkinkan setiap pengguna melakukan presensi melalui perangkat masing-masing, sementara proses verifikasi identitas dan pencatatan kehadiran tetap terpusat pada server. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga mempermudah pengembangan dan integrasi sistem di masa mendatang. Dalam konteks ini, bahasa pemrograman Golang menjadi pilihan yang relevan karena memiliki performa tinggi, dukungan *concurrency* yang baik, serta cocok untuk

pengembangan layanan REST API yang ringan dan skalabel.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan REST API berbasis Golang pada sistem presensi wajah yang memanfaatkan metode *face embedding* menggunakan model *pre-trained ArcFace*. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem presensi wajah yang modular, efisien, dan mudah diintegrasikan dengan berbagai platform, serta mampu melakukan verifikasi identitas pengguna secara akurat dan aman melalui teknologi biometrik wajah.

B. METODE PENELITIAN

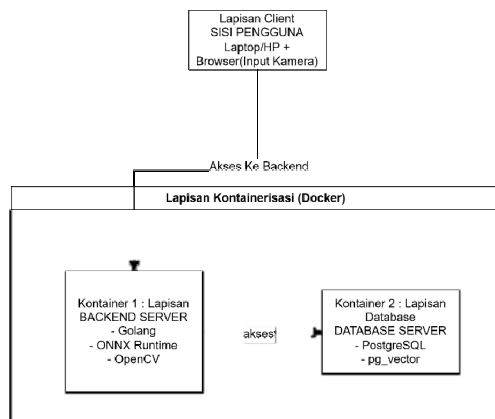
Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yang bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem presensi wajah berbasis biometrik menggunakan metode *face embedding* dengan model *pre-trained ArcFace* yang diintegrasikan melalui layanan REST API berbasis Golang. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah rekayasa perangkat lunak, dengan fokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem presensi wajah yang bersifat semi-otomatis serta mendukung penggunaan lintas perangkat.

Pengembangan sistem dalam penelitian ini mengikuti model *Waterfall*, yaitu model pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara bertahap dan sistematis (Sommerville, 2020). Model *Waterfall* dipilih karena sesuai untuk pengembangan sistem dengan kebutuhan yang telah terdefinisi dengan jelas sejak awal serta memudahkan proses dokumentasi dan evaluasi pada setiap tahapan. Tahapan model *Waterfall* yang diterapkan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi hasil yang dilakukan secara berurutan.

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem

presensi wajah, yang meliputi proses autentikasi pengguna, pendaftaran wajah (*enrollment*), verifikasi wajah (*verification*), pencatatan presensi, serta kebutuhan integrasi antar modul melalui REST API. Pada tahap ini juga ditentukan teknologi pendukung yang digunakan, seperti pemanfaatan model CNN *pre-trained* ArcFace untuk ekstraksi fitur wajah, bahasa pemrograman Golang untuk *backend*, serta penggunaan *containerisasi* untuk mendukung lingkungan eksekusi sistem.

Tahap perancangan sistem mencakup perancangan arsitektur sistem presensi wajah, perancangan alur proses presensi, perancangan basis data, serta perancangan REST API yang meliputi penentuan *endpoint*, metode HTTP, dan struktur data. Selain itu, pada tahap ini juga dirancang lingkungan *deployment* sistem berbasis *Docker*, di mana setiap komponen utama sistem, seperti layanan REST API dan basis data, dijalankan dalam *container* terpisah guna meningkatkan konsistensi lingkungan pengembangan dan kemudahan pengelolaan sistem.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Presensi Wajah Berbasis REST API Golang

Tahap implementasi dilakukan dengan mengembangkan layanan REST API menggunakan bahasa pemrograman Golang dan *framework* Fiber. Modul pengenalan wajah diintegrasikan untuk melakukan deteksi wajah, prapemrosesan citra, serta

ekstraksi *face embedding* menggunakan model ArcFace. Pada tahap verifikasi, pencocokan identitas dilakukan menggunakan metode *cosine similarity*, yang umum digunakan pada sistem pengenalan wajah berbasis *embedding* (Ryando et al., 2024). Implementasi sistem dilakukan dalam lingkungan *container Docker*, sehingga layanan *backend* dan basis data dapat dijalankan secara terisolasi namun tetap saling terhubung melalui jaringan *container* yang sama.

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan sistem presensi wajah berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian meliputi pengujian fungsional menggunakan metode *black box* testing untuk memverifikasi setiap fitur sistem, pengujian akurasi pengenalan wajah menggunakan *confusion matrix*, serta pengukuran nilai *False Acceptance Rate* (FAR) dan *False Rejection Rate* (FRR) yang umum digunakan dalam evaluasi sistem biometrik (Maulana et al., 2024). Selain itu, dilakukan pengujian kinerja layanan REST API untuk mengukur waktu respons sistem yang dijalankan dalam lingkungan *container Docker*.

Lokasi penelitian dilaksanakan secara lokal pada lingkungan pengembangan sistem penulis, yang mencakup proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem presensi wajah berbasis REST API. Penelitian ini dilaksanakan pada periode tahun 2025 hingga awal tahun 2026, sesuai dengan tahapan pengembangan sistem berdasarkan model *Waterfall*.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data citra wajah pengguna yang digunakan sebagai objek pengujian sistem presensi wajah. Sampel penelitian berupa kumpulan citra wajah dari sejumlah individu yang digunakan pada proses pendaftaran dan verifikasi wajah. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive* sampling, yaitu pemilihan sampel secara sengaja berdasarkan kebutuhan pengujian sistem dengan

mempertimbangkan variasi kondisi citra wajah, seperti sudut pengambilan gambar dan pencahayaan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengambilan citra wajah menggunakan kamera yang terhubung dengan antarmuka web sederhana sebagai klien pengujian REST API. Data tambahan dikumpulkan melalui dokumentasi hasil pengujian sistem, log respons layanan REST API yang berjalan pada *container Docker*, serta pencatatan hasil evaluasi akurasi dan kinerja sistem. Data pendukung diperoleh melalui studi pustaka terhadap jurnal dan literatur yang relevan.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan hasil pengujian. Analisis meliputi perhitungan tingkat akurasi sistem menggunakan *confusion matrix*, analisis nilai FAR dan FRR untuk menilai tingkat keamanan sistem, serta penentuan nilai ambang batas (*threshold*) berdasarkan perhitungan *cosine similarity*. Penentuan *threshold* dilakukan menggunakan metode Youden's J Index untuk memperoleh keseimbangan antara sensitivitas dan spesifisitas (Yang et al., 2024).

Penyajian data hasil penelitian dilakukan dalam bentuk tabel dan grafik yang menggambarkan hasil pengujian fungsional, hasil evaluasi akurasi pengenalan wajah, serta kinerja layanan REST API dalam lingkungan *container*. Setiap data yang disajikan disertai dengan penjelasan naratif untuk memperjelas interpretasi hasil penelitian.

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan pendukung. Perangkat keras yang digunakan meliputi satu unit komputer atau laptop dengan prosesor minimal Intel Core i5 atau setara, RAM minimal 8 GB, serta kamera digital atau webcam. Perangkat lunak yang digunakan meliputi sistem operasi Windows atau Linux, bahasa pemrograman Golang, *framework* Fiber, *Docker* sebagai platform *containerisasi*, basis data PostgreSQL dengan ekstensi *pgvector*, OpenCV untuk prapemrosesan

citra, serta ONNX Runtime untuk menjalankan inferensi model CNN *pre-trained ArcFace*.

Karena penelitian ini bersifat kuantitatif dan terapan, keabsahan hasil penelitian diperoleh melalui pengujian sistem secara berulang dengan skenario yang sama untuk memastikan konsistensi hasil. Validitas sistem juga diperkuat melalui pengujian fungsionalitas menggunakan metode *black box testing*, sehingga hasil penelitian dapat merepresentasikan kinerja sistem presensi wajah yang dikembangkan secara objektif dan andal.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh melalui tahapan implementasi dan pengujian sistem presensi wajah berbasis *face embedding ArcFace* yang diintegrasikan menggunakan REST API berbasis Golang. Sistem dikembangkan mengikuti tahapan model *Waterfall* dan dijalankan dalam lingkungan *container Docker* untuk menjaga konsistensi dan stabilitas layanan selama proses pengujian. Pada bagian ini disajikan hasil implementasi sistem, hasil pengujian fungsional dan performa layanan, serta pembahasan terkait akurasi pengenalan wajah dan penentuan nilai ambang batas sistem.

Implementasi sistem presensi wajah dilakukan dengan membangun layanan REST API yang berfungsi sebagai penghubung antara klien, modul pengenalan wajah, dan basis data. *Backend* sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Golang dengan *framework* Fiber, sedangkan basis data menggunakan PostgreSQL yang dilengkapi ekstensi *pgvector* untuk menyimpan vektor *face embedding*. Seluruh layanan dijalankan dalam *container Docker* yang terpisah sehingga proses *deployment* dan pengujian sistem dapat dilakukan secara terisolasi namun tetap terintegrasi.

Modul pengenalan wajah diintegrasikan ke dalam layanan REST API untuk menjalankan proses deteksi wajah, prapemrosesan citra, ekstraksi *face embedding* menggunakan model *pre-trained ArcFace*, serta pencocokan identitas menggunakan metode *cosine similarity*. Pada tahap pendaftaran wajah (*enrollment*), citra wajah dari pengguna terdaftar diproses untuk menghasilkan vektor *embedding* yang disimpan dalam basis data sebagai data referensi. Pada tahap presensi (*verification*), *embedding* wajah baru dibandingkan dengan data referensi untuk menentukan kecocokan identitas.

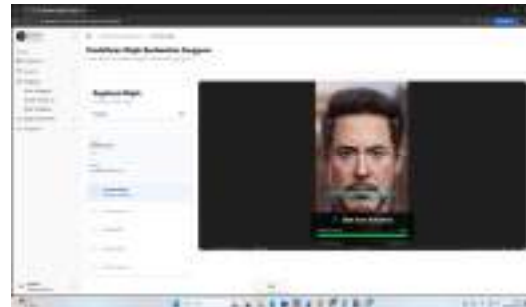
Sebelum dilakukan proses inferensi ke dalam model CNN *pre-trained ArcFace*, setiap citra wajah yang diunggah melalui sistem terlebih dahulu melewati tahapan praproses dan normalisasi citra. Tahapan ini meliputi pemotongan area wajah berdasarkan hasil deteksi wajah, penyesuaian ukuran citra ke dimensi *input* model, serta normalisasi nilai *piksel* agar sesuai dengan distribusi data yang digunakan pada proses pelatihan model *ArcFace*. Normalisasi dilakukan dengan mengubah nilai intensitas *piksel* ke rentang tertentu sehingga mengurangi pengaruh perbedaan pencahayaan dan meningkatkan konsistensi *input* model. Tahapan praproses ini bertujuan untuk memastikan bahwa citra wajah yang masuk ke model memiliki kualitas dan format yang seragam, sehingga proses ekstraksi *face embedding* dapat dilakukan secara optimal.



Gambar 2. Alur Praproses dan Inferensi Face Embedding Menggunakan ArcFace

Pengujian fungsional sistem dilakukan menggunakan metode *black box testing*

dengan memanfaatkan antarmuka web sederhana sebagai klien untuk mengakses layanan REST API. Pengujian ini mencakup proses autentikasi pengguna, pendaftaran wajah, dan presensi harian dengan cara mengunggah citra wajah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan sesuai dengan rancangan dan mampu mencatat presensi pengguna secara otomatis tanpa ditemukan kesalahan fungsional.



Gambar 3. Antarmuka Web Sederhana untuk Pengujian Fungsional Sistem

Selain pengujian fungsional dan akurasi, dilakukan pula pengujian performa layanan REST API untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merespons permintaan verifikasi wajah. Pengujian ini difokuskan pada pengukuran waktu respons (*response time*) layanan REST API saat menangani proses presensi wajah, yang mencakup praproses citra, inferensi model *ArcFace*, pencarian *embedding* menggunakan *pgvector*, serta penentuan keputusan verifikasi. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi Postman dengan mengirimkan permintaan ke *endpoint* verifikasi wajah. Hasil pengujian waktu respons layanan REST API ditunjukkan pada Gambar 4.



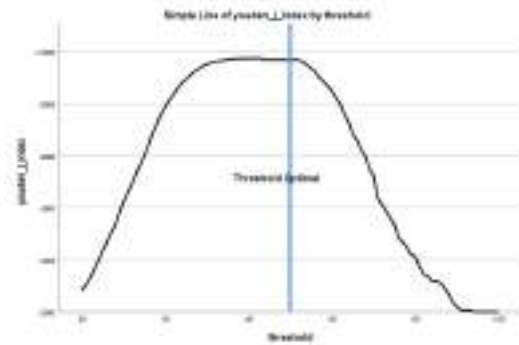
Gambar 4. Hasil Pengujian Waktu Respons REST API Menggunakan Postman

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4, layanan REST API menghasilkan waktu respons sebesar 611 ms pada proses verifikasi wajah. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangani proses verifikasi biometrik secara relatif cepat dan masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk kebutuhan sistem presensi berbasis *real-time*.

Pengujian akurasi pengenalan wajah dilakukan dengan melibatkan dua jenis subjek, yaitu subjek terdaftar (*genuine*) dan subjek tidak terdaftar (*impostor*). Data *genuine* diperoleh dari citra wajah pengguna yang telah terdaftar dalam sistem, sedangkan data *impostor* berasal dari citra wajah individu yang tidak terdaftar. Setiap citra wajah diproses melalui tahapan praproses dan normalisasi sebelum dilakukan inferensi, sehingga hasil perbandingan nilai *cosine similarity* mencerminkan performa model dalam kondisi *input* yang terkontrol.

Penentuan nilai ambang batas (*threshold*) sistem dilakukan berdasarkan distribusi nilai *cosine similarity* yang diperoleh dari data wajah subjek terdaftar (*genuine*) yang tersedia pada lingkungan penelitian. Data *genuine* tersebut digunakan untuk menganalisis pola kemiripan antar citra wajah dari identitas yang sama dalam kondisi pengambilan gambar yang berbeda. Nilai *threshold* optimal kemudian ditentukan menggunakan metode Youden's J Index, yang mempertimbangkan keseimbangan antara sensitivitas (*True Positive Rate*) dan spesifisitas (*True Negative Rate*) berdasarkan data lokal yang

tersedia. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *threshold* optimal diperoleh pada nilai 0,43, yang menghasilkan nilai Youden's J Index tertinggi dan merepresentasikan titik keputusan terbaik dalam membedakan kecocokan wajah pada sistem presensi yang dikembangkan.



Gambar 5. Hubungan Nilai Youden's J Index terhadap *Threshold Cosine Similarity*

Evaluasi akurasi sistem presensi wajah dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam melakukan verifikasi identitas pengguna secara tepat berdasarkan citra wajah yang diinputkan. Evaluasi ini dilakukan menggunakan *confusion matrix* yang mencakup empat komponen utama, yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN). Keempat komponen tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan metrik performa sistem, seperti tingkat akurasi, *False Acceptance Rate* (FAR), dan *False Rejection Rate* (FRR), yang merepresentasikan tingkat keandalan dan keamanan sistem presensi wajah yang dikembangkan.

Tabel 1. Nilai Confusion Matrix

Komponen	Jumlah
<i>True Positive</i> (TP)	156
<i>False Negative</i> (FN)	47
<i>False Positive</i> (FP)	0
<i>True Negative</i> (TN)	11

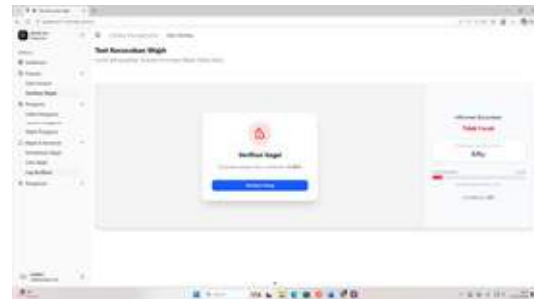
Berdasarkan hasil pengujian, sistem presensi wajah pada nilai *threshold* 0,43 menghasilkan tingkat akurasi sebesar

78,04%. Nilai *False Acceptance Rate* (FAR) yang diperoleh sebesar 0,00%, menunjukkan bahwa selama proses pengujian sistem tidak menerima identitas yang tidak terdaftar sebagai pengguna yang sah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat keamanan yang relatif tinggi karena mampu mencegah terjadinya kesalahan penerimaan pada proses presensi. Sementara itu, nilai *False Rejection Rate* (FRR) sebesar 23,15% menunjukkan bahwa masih terdapat sebagian wajah dari pengguna terdaftar yang ditolak oleh sistem. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta kualitas citra wajah yang diunggah, meskipun tahapan praproses dan normalisasi telah diterapkan sebelum proses inferensi.

Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa sistem lebih mengutamakan aspek keamanan dibandingkan aspek kenyamanan pengguna, yang tercermin dari rendahnya nilai FAR dan relatif tingginya nilai FRR. Pendekatan ini dinilai sesuai untuk konteks sistem presensi wajah, di mana kesalahan penerimaan identitas yang tidak sah memiliki risiko yang lebih besar dibandingkan kesalahan penolakan terhadap pengguna yang sah. Dengan demikian, hasil pengujian akurasi yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem presensi wajah berbasis *face embedding* ArcFace yang dikembangkan telah mampu melakukan verifikasi identitas secara aman dan konsisten pada lingkungan penelitian.

Namun demikian, nilai *False Rejection Rate* (FRR) yang masih cukup tinggi menunjukkan bahwa sistem masih menolak sebagian wajah dari subjek terdaftar. Kondisi ini dipengaruhi oleh variasi kualitas citra wajah, seperti pencahayaan yang tidak merata, perbedaan sudut pengambilan gambar, serta keterbatasan resolusi kamera yang digunakan pada lingkungan penelitian. Meskipun tahapan praproses dan normalisasi citra telah membantu

menstabilkan *input* sebelum proses inferensi, faktor lingkungan tetap memberikan pengaruh terhadap hasil ekstraksi *face embedding*. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kualitas data citra merupakan faktor penting dalam meningkatkan performa sistem pengenalan wajah berbasis CNN (Deng et al., 2022).



Gambar 6. Hasil Verifikasi Wajah dengan Status Gagal

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi *face embedding* ArcFace dengan REST API berbasis Golang yang dijalankan dalam lingkungan *Docker* mampu menghasilkan sistem presensi wajah yang fungsional, aman, dan modular. Penerapan praproses dan normalisasi citra sebelum inferensi terbukti penting dalam menjaga konsistensi *input* model, sedangkan penentuan *threshold* menggunakan Youden's J Index memberikan dasar evaluasi yang objektif dalam pengambilan keputusan sistem. Dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini layak diterapkan sebagai solusi presensi wajah berbasis biometrik.

D. PENUTUP

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem presensi wajah berbasis *face embedding* menggunakan model *pre-trained* ArcFace yang diintegrasikan melalui layanan REST API berbasis Golang. Sistem dikembangkan menggunakan pendekatan

rekayasa perangkat lunak dengan model Waterfall dan dijalankan dalam lingkungan *container Docker*, sehingga menghasilkan arsitektur sistem yang modular, portabel, dan mudah dikembangkan lebih lanjut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan seluruh fungsi presensi wajah dengan baik, mulai dari proses pendaftaran wajah (*enrollment*) hingga verifikasi wajah (*verification*). Evaluasi akurasi sistem berdasarkan confusion matrix pada nilai threshold 0,43 menghasilkan tingkat akurasi sebesar 78,04%, dengan nilai *False Acceptance Rate* (FAR) sebesar 0,00% dan *False Rejection Rate* (FRR) sebesar 23,15%. Nilai FAR yang bernilai nol menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keamanan yang baik karena tidak menerima identitas yang tidak terdaftar selama proses pengujian.

Penentuan nilai threshold menggunakan metode Youden's J Index berdasarkan data wajah terdaftar pada lingkungan penelitian memberikan dasar pengambilan keputusan yang objektif dalam proses verifikasi identitas. Selain itu, pengujian performa layanan REST API menggunakan Postman menunjukkan waktu respons sebesar 611 ms pada proses verifikasi wajah, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu menangani proses presensi biometrik secara relatif cepat dan masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk kebutuhan presensi berbasis real-time.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi *face embedding* ArcFace dengan REST API berbasis Golang dan pemanfaatan pgvector untuk pencarian *embedding* mampu menghasilkan sistem presensi wajah yang fungsional, aman, dan layak diterapkan pada lingkungan penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem selanjutnya. Pertama, peningkatan kualitas data citra wajah dengan pengaturan pencahayaan

yang lebih baik serta penggunaan kamera dengan resolusi lebih tinggi diharapkan dapat menurunkan nilai *False Rejection Rate* (FRR) dan meningkatkan kenyamanan pengguna.

Kedua, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan data wajah dengan variasi yang lebih luas serta pengujian pada lingkungan yang berbeda untuk memperoleh nilai threshold yang lebih general. Selain itu, pengembangan fitur tambahan seperti *liveness detection* dan optimasi performa inferensi model juga dapat dilakukan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi sistem presensi wajah.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, D. N., Thahir, R. M., Chandra, L. D., Ardhani, M. N., Giri, E. P., & Mindara, G. P. (2024). Implementation of Automatic Attendance System Based on Face Recognition Using CNN Method in IPB University Vocational School Environment. *IJMEAL : International Journal of Multilingual Education and Applied Linguistics*, 1(4), 1–10. <https://doi.org/10.61132/ijmeal.v1i4.849>
- Darni, E. (2026). Implementasi Sistem Presensi Digital Terintegrasi Untuk Peningkatan Akuntabilitas Kinerja ASN (Studi Lingkungan Kerja di Kecamatan Rumbio Jaya Kabupaten Kampar). *JMPIS : Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 7(4), 2946–2953. <https://doi.org/10.38035/jmpis.v7i4.8494>
- Deng, J., Guo, J., Yang, J., Xue, N., Kotsia, I., & Zafeiriou, S. (2022). ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44(10), 5962–5979. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3087709>

- Islam, F., Fahlevvi, M. R., & Karno. (2025). Transformasi Digital Dalam Penyelenggaraan Layanan Publik di Era 4.0. *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(2), 41–50. <https://doi.org/10.2238/brwvx038>
- Lasisi, H. O., Ajibade, B. R., Ajayi, O. C., Obiyemi, O. O., Thakur, S. C., & Adetiba, E. (2021). Implementation of cloud-based biometric attendance system for educators in a developing country. *7th National Annual Conference of the International Union of Radio Science-Nigeria*, 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2034/1/012018>
- Maulana, R., Narasati, R., Herdiana, R., Hamonangan, R., & Anwar, S. (2024). Komparasi Algoritma Decision Tree Dan Naive Bayes Dalam Klasifikasi Penyakit Diabetes. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(6), 3865–3870. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i6.8265>
- Meldyantono, A. P., & Poetro, B. S. W. (2025). Implementasi sistem absensi berbasis pengenalan wajah menggunakan metode cnn dan model facenet. *JRSIT: Jurnal Rekayasa Sistem Informasi Dan Teknologi*, 2(3), 996–1006. <https://doi.org/10.70248/jrsit.v2i3.1857>
- Romadhoni, L. H., & Ardiani, F. (2026). Perancangan Sistem Face Recognition Berbasis Deep Learning Menggunakan Pre-Trained Model ArcFace. *JOISM: Journal of Information System Management*, 7(2), 186–191. <https://doi.org/10.24076/joism.2026v7i2.2415>
- Ryando, C., Sigit, R., Setiawardhana, & Dewantara, B. S. B. (2024). Comparison of Machine Learning Algorithms for Face Classification Using FaceNet Embeddings. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(4), 5767–5779. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i4.4323>
- Saputri, A. D., Musridho, R. J., Pratama, H. P., Ramadan, P., & Rikasari, W. D. (2024). Penerapan Kecerdasan Buatan dalam Deteksi Wajah untuk Keamanan Digital melalui Face ID Smartphone. *Journal on Pustaka Cendekia Informatika*, 2(2), 39–43. <https://doi.org/10.70292/pctif.v2i2.74>
- Setiawan, F., Helilintar, R., & Farida, I. N. (2025). Pemanfaatan Pustaka InsightFace Dalam Sistem Presensi Berbasis Pengenalan Wajah. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi (Semnas Inotek)*, 9(3), 1878–1885. <https://doi.org/10.29407/0p37n303>
- Sommerville, I. (2020). *Engineering Software Products: An Introduction to Modern Software Engineering*. New Jersey : Pearson Education Inc.
- Sugeng, & Mulyana, A. (2022). Sistem Absensi Menggunakan Pengenalan Wajah (Face Recognition) Berbasis Web LAN. *Jurnal Sisfokom*, 11(1), 127–135. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v11i1.1371>
- Yang, J., Li, A., & Chen, Z. (2024). Youden index estimation based on group-tested data. *Statistical Methods in Medical Research*, 34(1). <https://doi.org/10.1177/09622802241295>
- Zahra, A. N., Khudhori, K. U., Ranaswijaya, & Lestari, A. (2025). Studi Literatur Sistem Keamanan Biometrik Untuk Verifikasi Mobile Banking Bank Syariah. *Journal of Islamic Economics and Finance*, 2(2), 245–251. <https://doi.org/10.70248/joieaf.v2i2.3199>



PERANCANGAN WEBSITE GRIYA COFFEE 100 DENGAN PENDEKATAN MULTIMEDIA INTERAKTIF

Kenneth Ray Vici Lengkong¹⁾, Rakha Sangkara Aryaputra²⁾, Jefri Rahmadian³⁾

^{1,2,3}Prodi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Informasi NIIT I-Tech

Correspondence author: KRV Lengkong, kensnetlengkong@gmail.com, Jakarta, Indonesia

Abstract

The development of digital technology encourages businesses in the Food and Beverage (F&B) sector to adopt information media that are not only informative but also interactive for customers. Griya Coffee 100, as a local coffee shop, requires a digital platform that can effectively represent its brand identity, present menu information, document activities, and increase visitor engagement. This research aims to design a website for Griya Coffee 100 using an interactive multimedia approach that functions as an information center and customer engagement platform. The methods used included needs analysis, UI/UX design using Figma, and website implementation and publication using Framer. The research results in an interactive, responsive website that is easy to access and capable of enhancing brand awareness and user experience. This website is expected to become a long-term digital asset for Griya Coffee 100, supporting promotional activities and business communications.

Keywords : *website, interactive multimedia, coffee shop, UI/UX design, brand awareness*

Abstrak

Perkembangan teknologi digital mendorong pelaku usaha di bidang *Food and Beverage* (F&B) untuk memiliki media informasi yang tidak hanya informatif, tetapi juga mampu memberikan pengalaman interaktif kepada pelanggan. Griya Coffee 100 sebagai salah satu *coffee shop* lokal memerlukan sarana digital yang dapat merepresentasikan identitas *brand*, menyajikan informasi menu, dokumentasi kegiatan, serta meningkatkan keterlibatan pengunjung secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah *website* Griya Coffee 100 dengan pendekatan multimedia interaktif yang berfungsi sebagai pusat informasi dan media *engagement* pelanggan. Metode yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan UI/UX menggunakan Figma, serta implementasi dan publikasi *website* menggunakan Framer. Hasil penelitian berupa *website* interaktif yang responsif, mudah diakses, dan mampu meningkatkan *brand awareness* serta pengalaman pengguna. *Website* ini diharapkan menjadi aset digital jangka panjang bagi Griya Coffee 100 dalam mendukung aktivitas promosi dan komunikasi bisnis.

Kata Kunci : *website, multimedia interaktif, coffe shop, ui/ux, brand awareness*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan internet dan teknologi multimedia telah mengubah cara pelaku usaha dalam menyampaikan informasi dan membangun citra merek (Saipul et al., 2025). *Website* tidak lagi berfungsi sebagai media statis, melainkan sebagai platform interaktif yang mampu memberikan pengalaman pengguna (*user experience*) yang baik (A. Olivia et al., 2025). Pada bidang usaha *coffee shop*, *website* dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk menampilkan identitas *brand*, menu, suasana tempat, serta informasi pendukung lainnya (Panja et al., 2023).

Website merupakan sistem yang digunakan untuk mengakses informasi melalui internet dan biasa dikenal dengan istilah web. Sistem ini berjalan dengan menggunakan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) di atas protokol komunikasi TCP/IP (Irawati & Fitriansyah, 2025). Salah satu fitur utama web adalah penggunaan *hypertext*, yaitu tautan teks yang memungkinkan pengguna berpindah dari satu dokumen ke dokumen lainnya hanya dengan satu klik. Seiring perkembangan, konsep *hypertext* telah diperluas menjadi *hypermedia*, yang tidak hanya mencakup teks, tetapi juga dapat menghubungkan elemen-elemen seperti gambar, suara, hingga video, sehingga pengalaman menjelajah web menjadi lebih interaktif dan kaya (Sulistyanto, 2022).

Multimedia interaktif adalah gabungan dari berbagai elemen seperti teks, gambar, audio, video, dan animasi yang dapat berinteraksi dengan pengguna. Dalam proyek ini, unsur interaktif diwujudkan melalui navigasi, transisi halaman, elemen animasi, dan fitur interaktif berbasis JavaScript. Multimedia interaktif bertujuan meningkatkan pengalaman pengguna (*user experience*) dengan memberikan respons atas aksi pengguna, sehingga *website* terasa lebih hidup dan dinamis (Roedavan et al., 2024).

User Interface (UI) merupakan tampilan visual yang berinteraksi langsung dengan pengguna, sedangkan *User Experience* (UX) berkaitan dengan persepsi, kenyamanan, dan kemudahan pengguna saat menggunakan sebuah sistem. Desain UI/UX yang baik harus memenuhi prinsip kegunaan (*usability*), konsistensi, dan kejelasan (Yudistia et al., 2026). Dalam pengembangan *website* Griya Coffee 100, prinsip UI/UX diterapkan melalui layout yang sederhana, tipografi yang mudah dibaca, serta navigasi yang intuitif. Pendekatan *mobile-first* juga digunakan untuk memastikan kenyamanan pengguna mengingat mayoritas pengunjung mengakses *website* melalui perangkat *mobile* (Nurhikmat et al., 2024).

Responsive design adalah pendekatan perancangan *website* agar tampilan dan fungsinya dapat menyesuaikan berbagai ukuran layar dan perangkat. *Responsive design* menjadi standar penting dalam pengembangan *website* modern untuk memastikan konsistensi pengalaman pengguna (Tyas et al., 2025). Penerapan *responsive design* pada *website* Griya Coffee 100 bertujuan agar *website* tetap nyaman diakses melalui *smartphone*, *tablet*, maupun *desktop* tanpa kehilangan kualitas tampilan dan fungsionalitas (M. Olivia, 2025).

Griya Coffee 100 merupakan *coffee shop* yang memiliki konsep suasana santai dan kekeluargaan. Namun, penyampaian informasi kepada pelanggan masih bergantung pada media sosial yang memiliki keterbatasan dalam struktur informasi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah *website* interaktif yang mampu menjadi pusat informasi resmi serta meningkatkan *engagement* pengunjung.

Penelitian ini berfokus pada perancangan *website* Griya Coffee 100 dengan pendekatan multimedia interaktif, yang menggabungkan elemen visual, teks, dan interaksi pengguna agar informasi dapat disampaikan secara menarik dan efektif.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode perancangan dan pengembangan sistem berbasis multimedia interaktif. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sebuah *website* yang tidak hanya berfungsi sebagai media informasi, tetapi juga memberikan pengalaman interaktif bagi pengguna.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Project-Based Research*, yaitu penelitian yang menghasilkan sebuah produk nyata berupa *website*. Pendekatan ini menggabungkan konsep teori dengan praktik perancangan sistem. Secara metodologis, penelitian ini bersifat:

1. Kualitatif Terapan (*Applied Qualitative Research*), karena penelitian ini berfokus pada penggalan kebutuhan pengguna dan karakteristik Griya Coffee 100 melalui observasi, analisis konten, serta pemahaman konteks penggunaan *website*. Pendekatan ini digunakan untuk menghasilkan solusi praktis berupa perancangan *website* yang sesuai dengan kebutuhan nyata mitra dan pengguna.
2. Rekayasa Perangkat Lunak, karena melibatkan tahapan analisis, desain, implementasi, dan evaluasi.

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek Penelitian: Pengelola dan pengunjung Griya Coffee 100 sebagai *end-user*. Sedangkan objek penelitian adalah *Website* Griya Coffee 100 yang dirancang dengan pendekatan multimedia interaktif. Objek penelitian difokuskan pada aspek tampilan antarmuka, kemudahan navigasi, penyajian informasi menu, galeri visual, serta integrasi *QR Code* sebagai media akses.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang relevan sebagai dasar perancangan *website*, meliputi Observasi yang dilakukan secara langsung pada lingkungan Griya Coffee 100 untuk memahami: Konsep tempat dan suasana *Coffee shop*, alur interaksi pelanggan di lokasi, dan media informasi yang sudah digunakan sebelumnya.

Wawancara dilakukan secara informal dengan pihak pengelola Griya Coffee 100 untuk menggali: Kebutuhan informasi yang ingin ditampilkan di *website*, Karakter brand dan segmentasi pelanggan, dan harapan terhadap fungsi dan manfaat *website*.

Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Tahapan MDLC meliputi:

1. Concept

Pada tahap ini dilakukan perumusan, tujuan *website*, identifikasi pengguna, serta penentuan konsep multimedia yang akan digunakan sesuai dengan karakter Griya Coffee 100.

2. Design

Tahap desain dilakukan menggunakan aplikasi Figma, meliputi:

- a. Pembuatan sitemap *website*.
- b. Wireframe setiap halaman.
- c. Prototype interaktif UI/UX.
- d. Penentuan warna, tipografi, dan elemen visual.



Gambar 1. Sitemap Website Griya Coffee 100

3. Material Collecting

Pada tahapan pengumpulan materi berupa:

- Konten teks (profile, menu, deskripsi).
- Foto suasana dan produk.
- Aset visual pendukung.

Seluruh materi disediakan oleh pihak Griya Coffee 100.



Gambar 2. Logo Griya Coffee 100

4. Assembly/Implementation

Tahap implementasi dilakukan menggunakan Framer dengan mengacu pada desain Figma. Pada tahap ini dilakukan:

- Penyusunan layout halaman.
- Integrasi elemen multimedia.
- Pengaturan navigasi dan interaksi.
- Implementasi *responsive design*.



Gambar 3. Halaman Utama Website Griya Coffee 100



Gambar 4. Bagian Menu pada Halaman Utama Website Griya Coffee 100



Gambar 5. Bagian Tentang Kami pada Halaman Utama Website Griya Coffee 100



Gambar 6. Halaman Request Musik Website Griya Coffee 100



Gambar 7. Halaman Contact Us Website Griya Coffee 100

5. Testing

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk memastikan:

- Website dapat diakses dengan baik di berbagai perangkat.
- Navigasi berjalan sesuai rancangan.
- Tampilan visual konsisten dengan desain.

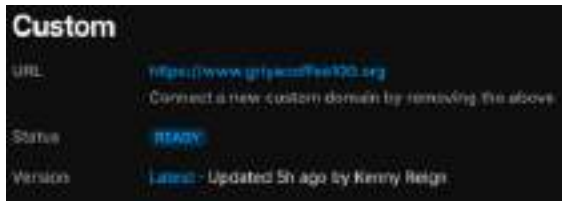


Gambar 8. Testing Website di Platform Framer

6. Distribution

Pada tahap distribusi ini dilakukan dengan:

- a. Publikasi *website* melalui hosting Framer.
- b. Konfigurasi domain agar *website* dapat diakses publik.



Gambar 9. Domain telah di distribusikan ke Platform Framer

Teknik Pengujian dan Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai kualitas *website* dari sisi pengguna, meliputi:

1. *Usability* Testing sederhana, untuk melihat kemudahan penggunaan.
2. Evaluasi tampilan UI, memastikan konsistensi visual.
3. Responsivitas, memastikan *website* optimal di berbagai ukuran layar.

Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar perbaikan dan penyempurnaan *website*.



Gambar 10. Responsive Design Website Griya Coffee 100

Alat dan Perangkat yang Digunakan

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Figma: perancangan UI/UX dan *prototype*.
2. Framer: implementasi dan publikasi *website*.
3. Browser modern: pengujian tampilan dan fungsi *website*.
4. Perangkat *mobile* dan desktop: pengujian responsivitas.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil utama dari penelitian ini adalah sebuah *website Company Profile* Interaktif yang dirancang menggunakan Figma dan diimplementasikan serta dipublikasikan melalui Framer. *Website* ini berfungsi sebagai pusat informasi resmi Griya Coffee 100 yang dapat diakses melalui berbagai perangkat. *Website* terdiri dari beberapa halaman utama, antara lain:

1. Halaman Beranda (Home)
2. Halaman About Griya Coffee 100
3. Halaman Menu
4. Halaman Request Music
5. Halaman Contact Us

Setiap halaman dirancang dengan pendekatan visual yang konsisten, mengacu pada identitas brand Griya Coffee 100.

Implementasi Pendekatan Multimedia Interaktif

Pendekatan multimedia interaktif diterapkan dengan menggabungkan berbagai elemen media dan interaksi pengguna, meliputi:

1. Elemen Visual: penggunaan foto berkualitas tinggi untuk menampilkan suasana, menu, dan identitas *coffee shop*.
2. Tipografi dan Warna: pemilihan tipografi yang mudah dibaca serta palet warna yang mencerminkan kesan hangat dan santai.
3. Interaksi Pengguna: navigasi *scroll-based*, transisi antar *section*, dan elemen

hover yang meningkatkan pengalaman interaktif.

Pendekatan ini bertujuan menciptakan pengalaman pengguna yang imersif, sehingga pengunjung tidak hanya membaca informasi, tetapi juga merasakan karakter Griya Coffee 100 secara visual.



Gambar 11. Key Visual Guideline Website Griya Coffee 100

Pembahasan Desain User Interface (UI)

Desain *User Interface* difokuskan pada kesederhanaan dan konsistensi visual. Setiap komponen UI dirancang agar mudah dikenali dan digunakan oleh pengguna dari berbagai kalangan. Beberapa prinsip UI yang diterapkan antara lain:

1. Konsistensi warna dan ikon di seluruh halaman.
2. Hierarki visual yang jelas untuk membedakan judul, subjudul, dan konten.
3. Penggunaan grid dan spacing yang rapi untuk meningkatkan keterbacaan.

Pembahasan Desain User Experience (UX)

Dari sisi *User Experience*, *website* dirancang dengan pendekatan *mobile-first* mengingat mayoritas pengguna mengakses informasi melalui *smartphone*. Beberapa aspek UX yang diperhatikan meliputi:

1. Navigasi yang sederhana dan intuitif.
2. Waktu *page load* yang relatif cepat.
3. Informasi yang mudah ditemukan tanpa perlu banyak klik.

Hasil pengujian *usability* sederhana menunjukkan bahwa pengguna dapat

memahami struktur *website* dan mengakses informasi utama dengan mudah.

Implementasi Menu Digital

Menu digital merupakan salah satu fitur utama *website*. Pengguna dapat mengakses menu dengan menekan tombol “Menu” pada *Navigation Bar*.

Menu disusun berdasarkan kategori, dilengkapi dengan foto, nama menu, deskripsi singkat, dan harga. Implementasi ini membantu pelanggan dalam memahami pilihan menu tanpa harus menunggu atau bertanya langsung kepada staf.

Dari hasil observasi, menu digital ini dinilai mampu meningkatkan efisiensi penyampaian informasi dan mengurangi ketergantungan pada menu cetak.



Gambar 12. Menu Digital Website Griya Coffee 100

Galeri Visual sebagai Media Branding

Galeri visual dirancang untuk menampilkan suasana Griya Coffee 100 dan dokumentasi kegiatan. Elemen visual ini berperan sebagai *social proof* yang memperkuat citra dan daya tarik *coffee shop*.

Penggunaan galeri berbasis visual dinilai efektif dalam membangun persepsi

positif dan meningkatkan minat kunjungan, terutama bagi pengunjung baru.



Gambar 13. Gallery at Gria Coffee 100

Responsivitas dan Kinerja Website

Website diuji pada berbagai ukuran layar, mulai dari *smartphone*, *tablet*, hingga *desktop*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1. Layout menyesuaikan ukuran layar dengan baik.
2. Teks tetap terbaca dengan jelas.
3. Elemen visual tidak terpotong atau mengalami distorsi.

Hal ini menunjukkan bahwa penerapan *responsive design* berjalan sesuai dengan tujuan perancangan.

Pembahasan Ketercapaian Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil implementasi dan evaluasi, website Gria Coffee 100 telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu:

1. Menyediakan media informasi digital yang terstruktur.
2. Meningkatkan pengalaman pengguna melalui pendekatan multimedia interaktif.
3. Memperkuat identitas dan *branding coffee shop*.

Website ini dinilai layak sebagai aset digital yang dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan bisnis.

D. PENUTUP

Penelitian ini menghasilkan sebuah website Gria Coffee 100 yang dirancang dengan pendekatan multimedia interaktif

sebagai media informasi dan *branding* digital.

Berdasarkan proses perancangan, implementasi, serta pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa website yang dikembangkan mampu menyajikan informasi secara terstruktur, responsif, dan mudah diakses oleh pengguna. Penerapan elemen multimedia interaktif melalui kombinasi visual, tipografi, tata letak, dan interaksi pengguna terbukti meningkatkan daya tarik website serta memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dibandingkan media informasi konvensional.

Penggunaan Figma sebagai alat perancangan UI/UX memberikan kemudahan dalam proses visualisasi dan perencanaan desain sebelum tahap implementasi, sementara pemanfaatan platform Framer memungkinkan proses pengembangan dan publikasi website dilakukan secara efisien tanpa harus membangun sistem menggunakan pemrograman konvensional, namun tetap menghasilkan website yang profesional dan adaptif di berbagai perangkat.

Website yang dihasilkan berfungsi sebagai pusat informasi resmi Gria Coffee 100 yang mencakup profil usaha, menu digital berbasis QR Code, galeri visual, serta informasi kontak dan lokasi. Keberadaan menu digital berbasis QR Code memberikan kemudahan bagi pelanggan dalam mengakses informasi menu sekaligus membantu meningkatkan efisiensi penyampaian informasi di lingkungan *coffee shop*. Dengan demikian, website ini berpotensi menjadi aset digital jangka panjang yang mendukung aktivitas *branding*, promosi, dan komunikasi bisnis Gria Coffee 100.

Untuk pengembangan selanjutnya, website ini masih dapat dikembangkan dengan penambahan fitur interaktif lain, evaluasi *usability* yang lebih komprehensif dengan melibatkan lebih banyak responden, serta integrasi dengan strategi *digital marketing* seperti optimasi mesin pencari

dan media sosial. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengarah pada pengembangan sistem informasi yang lebih kompleks guna mendukung pengambilan keputusan bisnis yang lebih berbasis data.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Irawati, & Fitriansyah, A. (2025). *Komunikasi Data*. Yogyakarta : Deepublish.
- Nurhikmat, I. K., Hadiana, A. I., & Kasyidi, F. (2024). Optimasi Responsivitas Web Dengan Pendekatan Mobile-First Design. *JINTEKS : Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains*, 6(3), 476–485. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v6i3.4314>
- Olivia, A., Larasati, P. D., Mulya, M. F., Anwar, S., & Efendi, Y. (2025). Penerapan Design Thinking dalam Perancangan UI/UX Website untuk Meningkatkan Pengalaman Pengguna. *SisKom-KB : Jurnal Sistem Komputer Dan Kecerdasan Buatan*, 8(3), 185–193. <https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v8i3.836>
- Olivia, M. (2025). Responsive Design And Its Impact On User Experience On E-Commerce Sites. *Jurnal Komputer*, 3(2), 31–36. <https://doi.org/10.70963/jk.v3i2.107>
- Panja, E., Sedyono, E., & Hendry, H. (2023). Perancangan dan Implementasi Website Sebagai Media Promosi Pada Atap Bukit Coffee. *Mnemonic : Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknik Informatika*, 6(1), 35–40. <https://doi.org/10.36040/mnemonic.v6i1.5845>
- Roedavan, R., Pudjoatmodjo, B., Gusnadi, D., & Raharjo, T. P. (2024). Implementasi Teknologi Multimedia Interaktif sebagai Strategi Promosi Digital UMKM. *JERKIN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(2), 65–70. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i2.355>
- Saipul, Rahmawati, U., Widyastuti, Elisabeth, C. R., & Haryanto, R. (2025). Membangun Branding Melalui Komunikasi Digital. *Jurnal Lentera Bisnis*, 14(2), 2695–2706. <https://doi.org/10.34127/jrlab.v14i2.1665>
- Sulistiyanto, H. (2022). Web Application Training with Hypermedia Engineering to Increase Global Marketing Competitiveness of Decorative Umbrella Industry. *Proceeding of The 15th University Research Colloquium*, 160–168. <https://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/view/2047>
- Tyas, W. W., Hanif, I. F., & Fitri, S. A. (2025). Implementasi Teknologi Responsive Web Design Dalam Perancangan Website Modern. *Kohesi : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(7), 131–140. <https://doi.org/10.2238/4qz80v05>
- Yudistia, I. K. M., Putra, I. G. N. A. C., & Kadyanan, I. G. A. G. A. (2026). Perancangan Desain User Interface dan Pengalaman Pengguna Pada Website Kantor Perbekel Desa Sanur Kaja. *JUPITA : Jurnal Pengabdian Informatika*, 4(2), 231–238. <https://ejournal1.unud.ac.id/index.php/jupita/article/view/1726>



PENGEMBANGAN APLIKASI CELLOT SHOES JASA LAYANAN ANTAR – JEMPUT LAUNDRY SEPATU BERBASIS WEB

Anggiko Bhisara¹⁾, Arka Aden Cahya²⁾, Hendri Mahmud Nawawi³⁾
^{1,2,3}Prodi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nusa Mandiri

Correspondence author: A Bhisara, anggikobhisara4@gmail.com, Jakarta, Indonesia

Abstract

Advances in information technology are driving digital transformation in various business sectors, including shoe care services. However, many shoe laundry businesses still rely on manual ordering systems that are inefficient and risk recording errors and information delays. This research aims to develop a web-based shoe laundry pick-up and delivery service application called Cellot Shoes to simplify the online ordering process and improve order management efficiency. System development involved requirements analysis, design, implementation using modern web technology, and functional testing using the Black Box Testing method. The application provides user authentication, service ordering, shoe photo uploads, real-time order status monitoring, and data management based on user, admin, and partner access rights. The system was deployed using Biznet Gio services and routed through the Vercel platform to ensure broad accessibility. Test results showed that all key functions met the functional requirements, and the interface was responsive across various devices. Therefore, this application is suitable for implementation in a real-world operational environment, although further development of security and system performance aspects is still needed.

Keywords : *development, application, pick-up and delivery service, shoe laundry*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi mendorong transformasi digital pada berbagai sektor usaha, termasuk layanan jasa perawatan sepatu. Namun, banyak usaha laundry sepatu masih mengandalkan sistem pemesanan manual yang kurang efisien dan berisiko menimbulkan kesalahan pencatatan serta keterlambatan informasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi layanan antar-jemput laundry sepatu berbasis web bernama Cellot Shoes guna mempermudah proses pemesanan daring dan meningkatkan efisiensi pengelolaan pesanan. Pengembangan sistem dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi menggunakan teknologi web modern, serta pengujian fungsional dengan metode *Black Box Testing*. Aplikasi menyediakan fitur autentikasi pengguna, pemesanan layanan, unggah foto sepatu, pemantauan status pesanan secara *real-time*, serta manajemen data berdasarkan hak akses pengguna, admin, dan mitra. Sistem di-deploy menggunakan layanan Biznet Gio dan diarahkan melalui platform Vercel untuk memastikan aksesibilitas yang luas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan sesuai kebutuhan fungsional

dan tampilan antarmuka responsif pada berbagai perangkat. Dengan demikian, aplikasi ini layak diterapkan pada lingkungan operasional nyata, meskipun pengembangan lanjutan pada aspek keamanan dan performa sistem masih diperlukan.

Kata Kunci : pengembangan, aplikasi, layanan antar jemput, laundry sepatu

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah menjadi akselerator utama disrupsi di berbagai sektor industri, yang secara fundamental mengubah pola perilaku konsumen dan struktur model bisnis. Bisnis digital, teknologi, perilaku konsumen, dan pasar global merupakan elemen yang saling berkaitan dalam dinamika transformasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis evolusi bisnis digital serta dampak teknologi terhadap perilaku konsumen dan dinamika pasar global (Asrul, 2024).

Munculnya internet serta tingginya tingkat penetrasi penggunaan *smartphone* telah mendorong lahirnya ekonomi berbasis platform (*platform economy*) yang berorientasi pada penyedia layanan sesuai permintaan (*on-demand service*) (Berek et al., 2025). Model ini hadir sebagai respons terhadap ekspektasi konsumen modern yang menginginkan layanan yang cepat, personal, dan efisien, khususnya di negara berkembang. Kehadiran platform digital terbukti mampu meningkatkan akses pasar dan efisiensi operasional bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), sehingga secara langsung turut mempercepat pertumbuhan ekonomi (Hulu et al., 2025).

Perkembangan teknologi digital telah menjadi akselerator utama disrupsi di berbagai sektor industri, yang secara fundamental mengubah pola perilaku konsumen dan struktur model bisnis. Bisnis digital, teknologi, perilaku konsumen, dan pasar global merupakan elemen yang saling

berkaitan dalam dinamika transformasi tersebut.

Munculnya internet serta tingginya tingkat penetrasi penggunaan *smartphone* telah mendorong lahirnya ekonomi berbasis platform (*platform economy*) yang berorientasi pada penyedia layanan sesuai permintaan (*on-demand service*) (Berek et al., 2025). Model ini hadir sebagai respons terhadap ekspektasi konsumen modern yang menginginkan layanan yang cepat, personal, dan efisien, khususnya di negara berkembang. Kehadiran platform digital terbukti mampu meningkatkan akses pasar dan efisiensi operasional bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), sehingga secara langsung turut mempercepat pertumbuhan ekonomi lokal (Hulu et al., 2025).

Perilaku konsumen modern juga ditandai dengan meningkatnya harapan terhadap layanan yang bersifat personalisasi, di mana aplikasi mobile tidak lagi sekadar berfungsi sebagai alat transaksi, melainkan sebagai platform yang mampu memahami dan mengantisipasi kebutuhan individu pengguna (Wahyudin & Rahayu, 2020). Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap penampilan dan pengalaman (*experience economy*), perawatan barang pribadi seperti sepatu menjadi semakin diperhatikan. Sepatu, khususnya dalam subkultur sneaker dan fesyen kasual, telah berkembang dari sekadar alas kaki menjadi simbol identitas, ekspresi diri bahkan aset investasi (Sari et al., 2022). Oleh karena itu, sepatu memerlukan penanganan khusus melalui layanan profesional guna menjaga kondisi, estetika dan nilai jual kembali hasil

yang tidak dapat dicapai melalui metode pencucian konvensional (Fadilah et al., 2023). Fenomena ini mendorong pertumbuhan industri laundry sepatu di berbagai kota, termasuk wilayah Probolinggo.

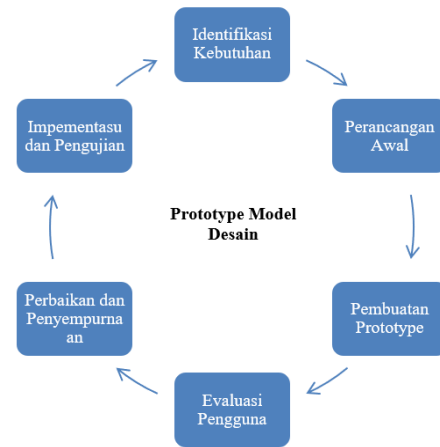
Dari perspektif pelaku usaha, tantangan yang dihadapi tidak kalah signifikan. Ketergantungan pada lokasi fisik dan promosi dari mulut ke mulut menimbulkan hambatan skalabilitas, membatasi jangkauan pasar serta meningkatkan biaya akuisisi pelanggan. Salah satu kelemahan utama model usaha konvensional (*brick-and-mortar*) adalah ketidakmampuan dalam mengumpulkan dan menganalisis data pelanggan secara sistematis, sehingga peluang untuk memperoleh wawasan strategis dalam rangka personalisasi layanan dan pengambilan keputusan menjadi terbatas (Pranatawijaya et al., 2019).

Berdasarkan permasalahan tersebut, hasil akhir penelitian ini adalah pengembangan prototipe aplikasi layanan antar-jemput laundry sepatu berbasis web bernama Cellot Shoes guna mempermudah proses pemesanan daring dan meningkatkan efisiensi pengelolaan pesan.

B. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian ini menggunakan model pengembangan *Prototype* untuk merancang aplikasi Cellot Shoes berbasis web (Setiawansyah et al., 2021). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem secara bertahap melalui proses perancangan, evaluasi, dan penyempurnaan berdasarkan umpan balik pengguna. Berangkat dari fenomena digitalisasi (Anggoro et al., 2022), UMKM laundry sepatu yang masih beroperasi secara konvensional mengalami kesulitan memenuhi kebutuhan layanan modern. Oleh karena itu, aplikasi Cellot Shoes dikembangkan sebagai solusi layanan antar-jemput berbasis web yang lebih

efisien dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 1. Metode Pengembangan *Prototype*

Identifikasi dan Pengumpulan Kebutuhan

Tahap awal ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan serta kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Peneliti melakukan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, atau studi dokumentasi guna memahami kebutuhan pengguna. Hasil tahap ini berupa daftar kebutuhan sistem (*requirement*) yang menjadi dasar perancangan *Prototype*.

Perancangan dan Pembuatan *Prototype*

Pada tahap ini dilakukan desain awal (*quick design*) berdasarkan kebutuhan yang telah dikumpulkan. *Prototype* dibuat dalam bentuk sederhana, seperti mockup tampilan atau sistem awal dengan fungsi terbatas. Tujuannya adalah memberikan gambaran awal sistem kepada pengguna agar dapat dievaluasi sebelum dikembangkan secara penuh.

Evaluasi dan Penyempurnaan *Prototype*

Prototype yang telah dibuat kemudian diuji dan dievaluasi oleh pengguna. Masukan dan umpan balik dari pengguna digunakan untuk melakukan revisi dan perbaikan secara berulang (*iterasi*). Proses ini berlangsung hingga *Prototype* dianggap

telah sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna.

Pengembangan Sistem dan Implementasi

Setelah *Prototype* disetujui, sistem dikembangkan secara menyeluruh dengan pengkodean lengkap. Tahap ini meliputi pengujian sistem (*testing*), implementasi, serta evaluasi akhir. Sistem yang telah lolos pengujian kemudian digunakan secara operasional dan dapat dilakukan pemeliharaan atau pengembangan lanjutan jika diperlukan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Bagian ini menyajikan hasil pengembangan sistem menggunakan metode *prototype* yang dilakukan secara iteratif melalui tahap perancangan awal, pembuatan *prototype*, evaluasi pengguna dan penyempurnaan sistem. Hasil implementasi ditampilkan dalam bentuk rancangan antarmuka, struktur basis data, serta pengujian fungsional untuk memastikan sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Pembahasan dilakukan dengan menganalisis tingkat keberhasilan sistem dalam memenuhi kebutuhan yang telah diidentifikasi pada tahap analisis.

Use Case Diagram

Perancangan *Use Case Diagram* pada aplikasi Cellot Shoes digunakan untuk menggambarkan interaksi secara menyeluruh antara aktor dan sistem. Diagram ini berfungsi sebagai representasi visual yang menjelaskan peran masing-masing aktor, bentuk interaksi yang dilakukan, serta penerapan hak akses sesuai dengan tanggung jawab yang dimiliki (Mulia, 2020).

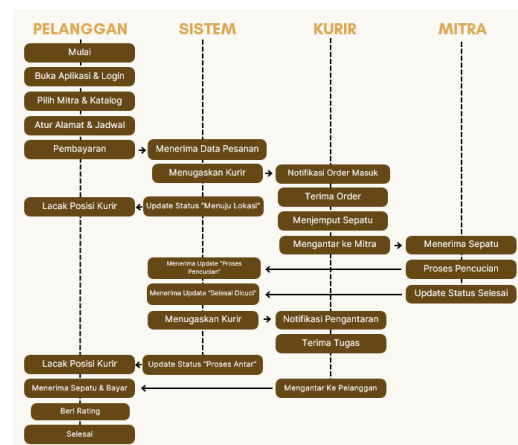
Aktor yang terlibat dalam sistem terdiri dari *Client* (Pelanggan), *Admin*, dan *Partner* (Mitra/Co-Admin). Setiap aktor memiliki peran yang berbeda guna mendukung proses bisnis aplikasi secara terstruktur dan terintegrasi.



Gambar 2. Use Case Diagram

Activity Diagram

Activity Diagram menunjukkan koordinasi logistik secara *real-time* (Anggoro et al., 2022), yang mencakup proses penjemputan sepatu oleh kurir, proses pencucian atau perawatan oleh mitra, hingga pengantaran kembali kepada pelanggan. Setiap perubahan status dalam sistem dirancang untuk menjamin transparansi operasional, yang diakhiri dengan konfirmasi penerimaan pesanan dan pemberian penilaian layanan oleh pelanggan.



Gambar 3. Activity Diagram

Perancangan Basis Data

Perancangan basis data merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem karena berfungsi sebagai fondasi penyimpanan dan pengelolaan data secara terstruktur (Suryaningrat & Rukmana,

2022). Pada penelitian ini, rancangan basis data disusun untuk mendukung proses transaksi layanan antar-jemput laundry sepatu pada aplikasi Cellot Shoes. Struktur tabel dirancang berdasarkan kebutuhan sistem dan telah melalui proses normalisasi untuk meminimalkan redundansi serta menjaga konsistensi data (Pranatawijaya et al., 2019). Dengan rancangan yang sistematis, basis data diharapkan mampu mendukung kinerja aplikasi secara efisien dan terintegrasi (Pradipta et al., 2022). Secara garis besar hubungan antar tabel pada database digambarkan pada *logical record structure* (LRS) berikut:



Gambar 4. Logical Record Structure

Berdasarkan gambar 4, LRS diatas dapat diambil kesimpulan terhadap peran admin dan konsumen. Berdasarkan LRS pada sistem Cellot Shoes, peran masing-masing entitas dapat dijelaskan secara ringkas sebagai berikut:

Admin dapat melakukan:

- Mengelola data produk/layanan (menambah, mengubah, menghapus layanan laundry).
- Mengelola data pesanan yang masuk dari pelanggan.
- Memproses dan memverifikasi transaksi pembayaran (melihat metode bayar dan bukti transfer).
- Mengelola data kurir untuk proses antar-jemput.
- Mengelola data pelanggan bila diperlukan.

- Memantau status pesanan hingga selesai.

Pelanggan dapat melakukan:

- Melakukan registrasi dan login ke sistem.
- Melihat daftar layanan/produk.
- Membuat pesanan laundry (mengisi alamat jemput dan detail layanan).
- Melakukan pembayaran sesuai metode yang tersedia.
- Melihat status pesanan (baru, dijemput, diproses, selesai).
- Memberikan testimoni atau rating setelah pesanan selesai.

Secara umum, admin berperan sebagai pengelola dan pengendali sistem, sedangkan pelanggan berperan sebagai pengguna layanan yang melakukan pemesanan dan transaksi.

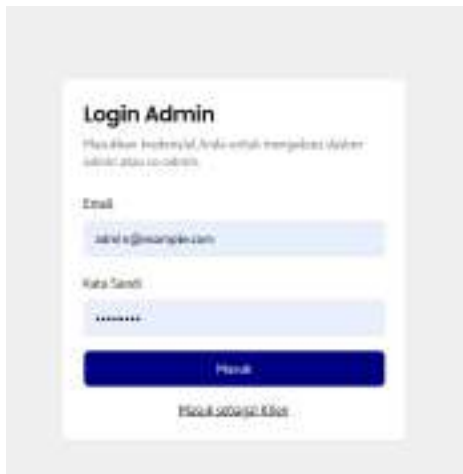
Implementasi

Tahap implementasi merupakan proses realisasi hasil perancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi yang dapat digunakan secara nyata. Pada tahap ini, *prototype* yang telah disempurnakan dikembangkan menjadi sistem final berbasis web sesuai dengan kebutuhan pengguna yang telah dianalisis sebelumnya. Implementasi mencakup pembangunan basis data, pengkodean program, perancangan antarmuka pengguna, serta pengujian fungsional untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.



Gambar 5. Halaman Registrasi

Pada halaman registrasi berfungsi untuk membuat akun pelanggan agar dapat mengakses layanan pada sistem Cellot Shoes. Melalui halaman ini, pengguna mengisi data identitas seperti nama, email, nomor telepon, dan kata sandi yang kemudian disimpan ke dalam database. Registrasi memungkinkan sistem mengelola data pengguna, mencatat riwayat pesanan, serta menghubungkan setiap transaksi dengan akun pelanggan secara terstruktur.



Gambar 6. Halaman Login

Halaman login berfungsi untuk proses autentikasi pengguna agar dapat mengakses sistem sesuai dengan hak aksesnya, baik sebagai admin maupun pelanggan. Pengguna memasukkan email/username dan kata sandi yang kemudian diverifikasi oleh sistem dengan data yang tersimpan di database. Jika valid, pengguna diarahkan ke dashboard sesuai perannya, sehingga keamanan dan kontrol akses sistem tetap terjaga.



Gambar 7. Halaman Dashboard Admin

Dashboard admin merupakan halaman utama yang digunakan oleh administrator untuk mengelola dan memantau seluruh aktivitas dalam sistem Cellot Shoes. Melalui dashboard ini, admin dapat melihat ringkasan data seperti jumlah pesanan, transaksi, pelanggan, serta status layanan yang sedang berjalan. Selain itu, dashboard berfungsi sebagai pusat kontrol untuk mengelola data produk/layanan, memproses pesanan, memverifikasi pembayaran, dan mengatur data kurir secara terintegrasi.



Gambar 8. Halaman Kelola Layanan

Halaman kelola pesanan digunakan oleh admin untuk memantau dan mengelola seluruh data pesanan yang masuk dari pelanggan. Pada halaman ini, admin dapat melihat detail pesanan, memperbarui status layanan (baru, dijemput, diproses, selesai, atau diantar), serta memastikan proses antar-jemput dan pembayaran berjalan sesuai prosedur. Fitur ini membantu admin mengontrol alur operasional layanan secara terstruktur dan efisien.



Gambar 9. Dashboard Konsumen

Halaman ini berfungsi sebagai pusat navigasi utama bagi pelanggan setelah login. Pada dashboard ini tersedia beberapa

fitur utama, yaitu Buat Pesanan Baru untuk melakukan pemesanan layanan laundry sepatu, Lacak Pesanan Anda untuk memantau status proses layanan, Beri Testimoni untuk memberikan ulasan setelah layanan selesai, serta Hubungi Kami untuk komunikasi atau bantuan. Dengan tampilan yang sederhana dan terstruktur, dashboard ini memudahkan pelanggan dalam mengakses seluruh layanan secara cepat dan efisien.



Gambar 10. Halaman Pemesanan

Pada Gambar 10 merupakan Form Pesan Layanan pada aplikasi Cellot Shoes yang digunakan pelanggan untuk melakukan pemesanan laundry sepatu. Pada bagian Detail Sepatu, pelanggan mengisi informasi seperti deskripsi sepatu, jenis layanan tambahan (misalnya *fast service*), serta mengunggah foto sepatu sebelum dicuci sebagai dokumentasi awal. Pada bagian Pilih Layanan, pelanggan dapat memilih jenis layanan yang tersedia beserta harga yang tertera. Setelah seluruh data diisi, pelanggan dapat menekan tombol Proses Sekarang untuk mengirim pesanan ke sistem. Halaman ini berfungsi untuk memastikan data pesanan tercatat lengkap sebelum diproses oleh admin.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi Cellot Shoes berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang. Pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* dengan memfokuskan pada fungsi utama seperti registrasi, login, pemesanan layanan, dan

pengelolaan status pesanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi sistem, sehingga aplikasi dinyatakan layak untuk digunakan.

Tabel 1. Hasil Uji *Black Box Testing*

No.	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Login User	User login menggunakan Google OAuth	User berhasil masuk ke Dashboard	Berhasil
2	Buat Pesanan	User mengisi deskripsi dan memilih layanan	Pesanan berhasil dibuat	Berhasil
3	Upload Foto Sepatu	User mengunggah foto sepatunya	Foto berhasil diunggah	Berhasil
4	Generate AI	Sistem memberikan rekomendasi layanan	Rekomendasi ditampilkan	Berhasil
5	Metode Pembayaran	User memilih metode pembayaran	Metode tersimpan	Berhasil
6	Tracking Pesanan	User melihat status pesanan	Status tampil secara <i>real-time</i>	Berhasil
7	Login admin atau Mitra	Admin atau mitra login email dan password	Masuk dashboard	Berhasil
8	Kelola Pesanan	Admin atau Mitra mengubah status pesanan	Status diperbarui	Berhasil
9	Kelola Layanan	Mitra menambahkan dan mengubah harga layanan	Data layanan diperbarui	Berhasil

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, pengembangan aplikasi Cellot Shoes berbasis web dengan metode

Prototype berhasil menghasilkan sistem layanan antar–jemput laundry sepatu yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan pelaku UMKM. Sistem yang dikembangkan mampu mengakomodasi proses registrasi, autentikasi, pemesanan layanan, unggah foto sepatu, pelacakan status pesanan secara *real-time*, serta pengelolaan data oleh admin dan mitra secara terintegrasi. Implementasi menggunakan teknologi web modern serta deployment melalui Biznet Gio dan Vercel memungkinkan sistem dapat diakses secara luas dan responsif pada berbagai perangkat.

Hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan. Aplikasi ini memberikan kontribusi dalam mendukung digitalisasi layanan UMKM laundry sepatu serta memperluas jangkauan pasar. Meskipun demikian, pengembangan lanjutan masih diperlukan terutama pada aspek keamanan sistem, optimalisasi performa, serta potensi integrasi dengan sistem pembayaran digital untuk meningkatkan kualitas layanan di masa mendatang.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, B., Hamidy, F., & Putra, A. D. (2022). Sistem Informasi Akuntansi Pengelolaan Dana Desa (Studi Kasus : Desa Isorejo Kec. Bunga Mayang Kab. Lampung Utara). *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, 2(2), 54–61. <https://doi.org/10.33365/jimasias.v2i2.2013>
- Asrul, A. (2024). Evolusi Bisnis Digital: Dampak Teknologi terhadap Perilaku Konsumen dan Pasar Global. *INVESTASI: Inovasi Jurnal Ekonomi Dan Akuntansi*, 2(3), 130–135. <https://doi.org/10.59696/investasi.v2i3.76>
- Berek, G. E. L., Kelen, Y. P. K., & Lestari, A. K. D. (2025). Sistem Informasi Pemetaan Jamban Tidak Sehat Di Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jris: Jurnal Rekayasa Informasi Swadharma*, 5(2), 184–191. <https://doi.org/10.56486/jris.vol5no2.896>
- Fadilah, A. O., Huda, B., Hananto, A., & Tukino. (2023). Strategi Promosi untuk Meningkatkan Penjualan Kedai Kopi Desimal Menggunakan Algoritma K-Medoids Clustering. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 10(1), 2407–389. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v10i1.5561>
- Hulu, N., Harahap, L. M., Marbun, S., Putri, D. A., Manik, M., & Sigalingging, K. (2025). Efisiensi Distribusi melalui Optimasi Biaya dan Jarak dengan Pendekatan Metode Transportasi. *ECONOBIS: Journal of Economics, Business and Management*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.56495/econobis.v1i1.937>
- Mulia, A. G. (2020). Sistem Informasi Absensi berbasis WEB di Politeknik Negeri Padang. *Jurnal Teknologi Informasi Indonesia (JTII)*, 5(1), 11–17. <https://doi.org/10.30869/jtii.v5i1.519>
- Pradipta, R. A., Wintoro, P. B., & Budiyo, D. (2022). Perancangan Pemodelan Basis Data Sistem Informasi Secara Konseptual dan Logikal. *JITET : Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(2), 127–132. <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i2.2541>
- Pranatawijaya, V. H., Widiatry, W., Priskila, R., & Putra, P. B. A. A. (2019). Pengembangan Aplikasi Kuesioner Survey Berbasis Web Menggunakan Skala Likert dan Guttman. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 5(2), 128–137. <https://doi.org/10.34128/jsi.v5i2.185>



- Sari, I. P., Syahputra, A., Zaky, N., Sibuea, R. U., & Zakhir, Z. (2022). Perancangan Sistem Aplikasi Penjualan dan Layanan Jasa Laundry Sepatu Berbasis Website. *Blend Sains : Jurnal Teknik*, 1(1), 31–37.
<https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i1.67>
- Setiawansyah, S., Adrian, Q. J., & Devija, R. N. (2021). Penerapan Sistem Informasi Administrasi Perpustakaan Menggunakan Model Desain User Experience. *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, 11(1), 24–36.
<https://doi.org/10.34010/jamika.v11i1.3710>
- Suryaningrat, I., & Rukmana, O. (2022). Rancang Bangun Sistem Informasi Website Menggunakan Metode Prototype pada UMKM Jasa Maklun Kaos Sablon dengan Infrastruktur Multi Platform Gratis. *Bandung Conference Series: Industrial Engineering Science*, 2(2), 302–310.
<https://doi.org/10.29313/bcsies.v2i2.3874>
- Wahyudin, Y., & Rahayu, D. N. (2020). Analisis Metode Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Website: A Literatur Review. *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 15(3), 26–40.
<https://doi.org/10.35969/interkom.v15i3.74>

PERANCANGAN UI/UX APLIKASI RESERVASI PANGKAS RAMBUT DENGAN METODE *DESIGN THINKING*

Syilla Arviani Putri Aisyah¹⁾, Muhammad Labib Jundillah²⁾, Muhammad Rivani Ibrahim³⁾

^{1,2,3}Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Correspondence author: MR Ibrahim, mrivani.ibrahim@gmail.com, Samarinda, Indonesia

Abstract

This study aims to design UI/UX recommendations for a Barbershop reservation application using the design thinking method and assess its usability using the System Usability Scale (SUS). The research method includes five stages of Design thinking: empathize, define, ideate, prototype, and test. Data were collected through customer observation and interviews, as well as literature studies related to UI/UX. Prototype testing was conducted using Maze and the SUS questionnaire via Google Form to evaluate the design's effectiveness and efficiency. The study produced a complete design consisting of a task flow, sitemap, low-fidelity wireframe, high-fidelity prototype, and an admin dashboard that includes reservation management features and real-time barber status settings. The research focuses on adapting design thinking to the operational context of Sky Barbershop, adding a "manage staff" feature to address workload imbalances, and integrating the booking flow that includes barber selection, scheduling, payment, and e-receipt. Maze testing results showed a 100% success rate for both the sign-up/sign-in and booking processes, and a misclick rate was found, indicating the need to optimize the visual hierarchy and UI elements. The SUS results showed an average customer score of 81 and an employee score of 72.5, with a combined score of 77, which falls into the "Good," "Acceptable," and Grade B categories according to SUS standards. This score indicates that the design meets basic usability requirements, but still requires improvements in navigation consistency and clarity of interactive components. The analysis indicates that the UI/UX design has the potential to improve service management efficiency, reduce physical queues, and enhance customer satisfaction through a more structured reservation flow. These design recommendations can serve as a basis for implementing the digital reservation system at Sky Barbershop and for further research.

Keywords : *UI/UX design, reservation application, Barbershop, design thinking*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang rekomendasi desain UI/UX aplikasi reservasi pangkas rambut menggunakan metode *design thinking*, serta menilai tingkat kegunaannya melalui *System Usability Scale* (SUS). Metode penelitian mencakup lima tahapan *Design thinking*; *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *testing*. Data dikumpulkan melalui observasi dan wawancara pelanggan, studi literatur

terkait UI/UX. Pengujian prototipe dilakukan menggunakan Maze dan kuesioner SUS melalui *Google Form* untuk memperoleh evaluasi mengenai efektivitas dan efisiensi rancangan. Penelitian menghasilkan rancangan lengkap terdiri atas *task flow*, *sitemap*, *wireframe low-fidelity*, prototipe *high-fidelity*, serta *dashboard* admin yang memuat fitur manajemen reservasi dan pengaturan status *capster* secara *real-time*. Fokus penelitian terletak pada penyesuaian *design thinking* terhadap konteks operasional *Sky Barbershop*, penambahan fitur “*manage staff*” untuk mengatasi ketidakseimbangan beban kerja, serta integrasi alur pemesanan yang mencakup pemilihan *capster*, jadwal, pembayaran, hingga *e-receipt*. Hasil *testing* Maze menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100% untuk proses *sign up/sign in* maupun *booking* dan ditemukan *misclick rate* yang mengindikasikan perlunya optimalisasi pada hierarki visual dan elemen UI. Hasil SUS menunjukkan skor rata-rata pelanggan sebesar 81 dan karyawan sebesar 72,5, dengan skor gabungan 77 yang berada pada kategori “*Good*”, “*Acceptable*”, dan *Grade B* menurut standar SUS. Nilai ini menunjukkan bahwa rancangan telah memenuhi aspek kegunaan dasar, namun masih memerlukan penyempurnaan pada konsistensi navigasi serta kejelasan komponen interaktif. Analisis menunjukkan bahwa rancangan UI/UX berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan layanan, mengurangi antrean fisik, serta meningkatkan kepuasan pelanggan melalui alur reservasi yang lebih terstruktur. Rekomendasi desain ini dapat dijadikan dasar untuk tahap implementasi sistem reservasi digital pada *Sky Barbershop* maupun pengembangan penelitian selanjutnya.

Kata Kunci : perancangan ui/ux, aplikasi reservasi, pangkas rambut, *design thinking*

A. PENDAHULUAN

Barbershop modern tidak lagi hanya menyediakan layanan potong rambut, tetapi juga menawarkan fasilitas tambahan seperti ruang ber-AC, layanan cuci rambut, pijat, serta berbagai pilihan produk perawatan rambut yang lebih lengkap dibandingkan pangkas rambut tradisional (Nuraeni et al., 2025). Perkembangan menuntut peningkatan kualitas pelayanan yang tidak hanya berfokus pada hasil potongan rambut, tetapi juga pada efisiensi operasional dan pengalaman pelanggan.

Sky Barbershop yang berlokasi di Samarinda, Kalimantan Timur, merupakan salah satu penyedia layanan pangkas rambut modern yang menghadapi permasalahan dalam pengelolaan reservasi dan antrian. Sistem reservasi masih dilakukan secara manual melalui kunjungan langsung

maupun komunikasi WhatsApp. Sistem ini menimbulkan berbagai kendala, seperti ketidakefisienan pengaturan jadwal, ketidakpastian waktu layanan, serta ketidakseimbangan beban kerja antar *capster*. Kondisi tersebut berdampak pada menurunnya efisiensi operasional serta potensi ketidakpuasan pelanggan.

Pada kasus sistem informasi, kualitas layanan digital sangat dipengaruhi oleh desain *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX). UI berkaitan dengan elemen visual seperti warna, tipografi, tata letak, serta konsistensi komponen antarmuka, sedangkan UX berfokus pada kemudahan alur, efektivitas interaksi, serta kenyamanan pengguna dalam menggunakan sistem (Yablonski, 2024). Desain UI/UX yang baik mampu meningkatkan kepuasan pengguna serta meminimalkan hambatan dalam proses penggunaan aplikasi. Untuk

menghasilkan rancangan yang berorientasi pada kebutuhan pengguna, penelitian menggunakan metode *Design thinking*. *Design thinking* merupakan pendekatan iteratif yang berfokus pada pemahaman mendalam terhadap pengguna, mendefinisikan ulang permasalahan, serta menghasilkan solusi inovatif melalui proses eksploratif dan evaluative (Darmalaksana, 2020). Metode *design thinking* terdiri dari lima tahapan utama, yaitu *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *testing*. Pendekatan dipilih karena mampu menggali kebutuhan pengguna secara komprehensif serta memungkinkan iterasi berkelanjutan berdasarkan umpan balik.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *Design thinking* dalam perancangan UI/UX aplikasi layanan jasa mampu menghasilkan tingkat *usability* yang baik. Penelitian oleh Agustian dan Cuhenda menunjukkan peningkatan kepuasan pelanggan melalui aplikasi pangkas rambut online berbasis *Design thinking* (Agustian & Cuhenda, 2024). Sementara itu, Islami melaporkan tingkat efektivitas *usability* sebesar 80% dari sisi pelanggan dan 77% dari sisi admin pada aplikasi *marketplace Barbershop* (Islami et al., 2024). Namun, penelitian tersebut belum secara spesifik mengkaji kebutuhan kontekstual *Barbershop* tertentu serta belum mengintegrasikan pengukuran *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) secara terpisah antara pelanggan dan karyawan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian bertujuan untuk merancang rekomendasi desain UI/UX aplikasi reservasi pangkas rambut online pada *Sky Barbershop* menggunakan metode *Design thinking* serta mengukur tingkat *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS). Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan solusi digital untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi *Sky Barbershop*.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode *Design thinking* sebagai pendekatan perancangan UI/UX reservasi pangkas rambut pada *Sky Barbershop*. Metode ini dipilih karena berorientasi pada kebutuhan pengguna dan bersifat iteratif melalui tahapan, yaitu (Darmalaksana, 2020):

1. *Empathize*: Tahap dilakukan untuk memahami permasalahan dan kebutuhan pengguna melalui observasi langsung serta wawancara kepada pelanggan dan karyawan *Sky Barbershop*. Hasil pengumpulan data digunakan untuk mengidentifikasi *pain point* seperti antrean panjang, ketidakpastian jadwal, dan ketidakseimbangan beban kerja *capster* (Priyono et al., 2023).
2. *Define*: Data yang diperoleh dianalisis untuk merumuskan inti permasalahan dan kebutuhan sistem. Pada tahap ini disusun *user persona* serta *How Might We* (HMW) sebagai dasar perancangan solusi (Reswara, 2024). (Awaludin et al., 2022)
3. *Ideate*: Tahap ini menghasilkan konsep solusi berupa penyusunan *task flow*, *sitemap*, serta rancangan fitur utama seperti reservasi *online*, pemilihan *capster*, notifikasi jadwal, pembayaran, dan fitur *manage staff* untuk *dashboard* admin.
4. *Prototype*: Rancangan divisualisasikan menggunakan Figma dalam bentuk *wireframe low-fidelity* dan *high-fidelity prototype*, termasuk desain *dashboard* admin.
5. *Testing*: Pengujian dilakukan menggunakan *Maze Testing* untuk mengukur keberhasilan penyelesaian tugas dan *System Usability Scale* (SUS) untuk menilai tingkat kegunaan sistem (Fariyanto et al., 2021). Responden terdiri dari 20 pelanggan dan 8 karyawan. Hasil evaluasi menunjukkan skor SUS gabungan sebesar 77 yang termasuk kategori *Good* dan *Acceptable*,

sehingga desain dinilai layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *Empathize*

Pada tahapan ini dilakukan melalui observasi langsung di *Sky Barbershop* serta wawancara dengan pelanggan dan karyawan. Ditemukan bahwa sistem reservasi saat ini masih manual melalui *walk-in* dan WhatsApp. Hasil observasi dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Observasi

No.	Hasil Observasi
1.	Tidak adanya urutan antrian yang jelas menyebabkan kebingungan, karena pelanggan sering memilih untuk duduk di café sembari menunggu giliran potong rambut.
2.	Pelanggan sering menanyakan rekomendasi potongan rambut yang sesuai dengan gaya dan bentuk wajah pelanggan sehingga <i>capster</i> harus memberikan penjelasan manual tentang pilihan potongan yang ada.
3.	Setelah selesai melayani pelanggan, <i>capster</i> tidak memiliki saluran langsung untuk menerima <i>feedback</i> terkait layanan mereka.

Berdasarkan hasil wawancara, ditemukan bahwa pelanggan menginginkan sistem yang memungkinkan pemilihan *capster* secara mandiri, pemilihan jadwal yang fleksibel, serta notifikasi pengingat layanan. Sementara itu, karyawan membutuhkan sistem yang mampu membantu pengaturan status kerja (*available/busy*) secara *real-time*. Temuan ini menjadi dasar dalam penyusunan *pain point* dan kebutuhan sistem.

Tahap *Define*

Pada tahap *define* dilakukan analisis temuan untuk merumuskan inti permasalahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa permasalahan utama terletak pada belum adanya sistem digital terintegrasi

yang mampu mengelola reservasi, distribusi pelanggan, serta informasi jadwal secara terstruktur. *User persona* disusun berdasarkan hasil wawancara dengan calon pengguna aplikasi reservasi *Sky Barbershop*. Karyawan mengeluhkan kesulitan mengatur urutan pelanggan saat kondisi ramai serta seringnya pelanggan meminta rekomendasi model potongan rambut. Oleh karena itu, aplikasi diharapkan menyediakan fitur manajemen antrian dan katalog model potongan untuk membantu operasional dan pelayanan. *User persona* pelanggan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *User Persona* Pelanggan dan Karyawan

Berdasarkan hasil analisis, disusun dua *user persona*, yaitu *persona* pelanggan dan *persona* karyawan. Selanjutnya, dirumuskan beberapa pertanyaan *How Might We* (HMW) dari perspektif pelanggan dan karyawan *Sky Barbershop*. HMW merupakan bentuk perumusan masalah dalam format pertanyaan yang berfungsi sebagai jembatan antara permasalahan pengguna dengan solusi yang akan dikembangkan pada tahap perancangan. *How Might We* sisi pelanggan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *How Might We* Pelanggan *Sky Barbershop*

No.	How	Might
1.	Bagaimana mempermudah pengguna untuk memilih waktu yang tersedia dalam aplikasi tanpa harus datang ke <i>Barbershop</i> ?	Dibuat aplikasi reservasi dengan pembagian waktu yang dapat disesuaikan
2.	Bagaimana jadwal <i>Barbershop</i> dapat dikelola sehingga	Dibuat fitur pemilihan slot waktu yang masih

No.	How	Might
	mengurangi waktu tunggu bagi setiap pengguna yang datang?	tersedia sehingga pelanggan tidak perlu menunggu lama atau mengantri di <i>Barbershop</i> secara manual.
3.	Bagaimana cara mengurangi kompleksitas dalam memilih dan melakukan reservasi sehingga prosesnya lebih sederhana dan tidak perlu datang ke <i>Barbershop</i> terlebih dahulu?	Dibuat sebuah fitur <i>live chat & call</i> yang memudahkan pengguna untuk menghubungi karyawan dengan cepat tanpa harus menelfon.

Setelah merumuskan kebutuhan serta peluang solusi dari sisi pelanggan, pembahasan selanjutnya diarahkan pada perspektif karyawan *Sky Barbershop* sebagai pengguna internal. *How Might We* karyawan *Sky Barbershop* dapat dilihat pada Tabel 3.

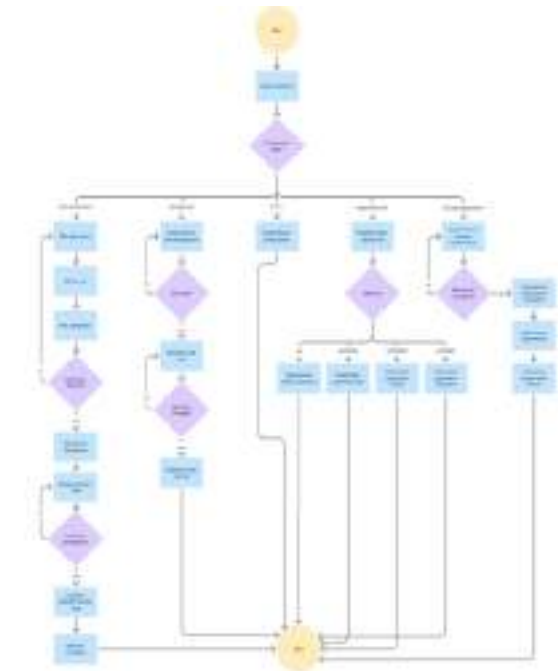
Tabel 3. *How Might We* Karyawan *Sky Barbershop*

No.	How	Might
1.	Bagaimana mempermudah <i>capster</i> dalam mengelola urutan pelanggan dengan efisien pada saat <i>Barbershop</i> ramai?	Dibuat fitur manajemen antrian digital yang membantu <i>capster</i> untuk melihat urutan pelanggan secara <i>real time</i> .
2.	Bagaimana caranya memberikan rekomendasi potongan rambut yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan secara praktis?	Dibuat fitur daftar jenis potongan rambut yang memudahkan <i>capster</i> untuk memberikan rekomendasi berdasarkan preferensi pelanggan

Tahap Ideate

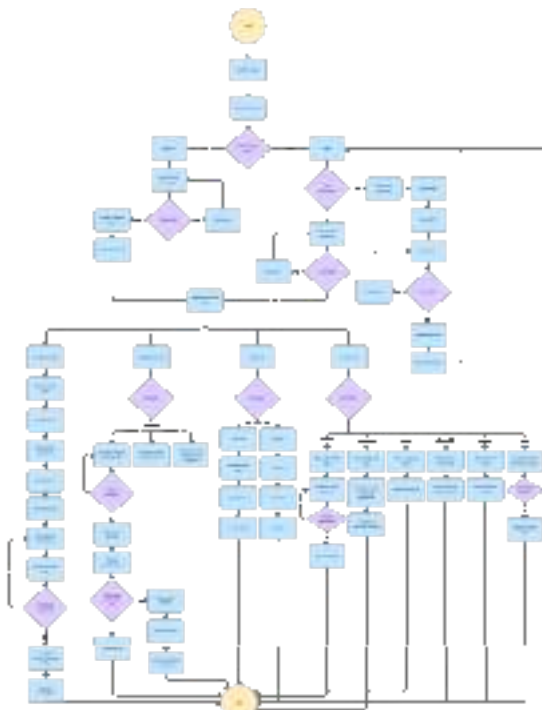
User flow disusun untuk memetakan alur interaksi pengguna dari awal hingga akhir proses reservasi (Suhaili et al., 2022). Penyusunan *user flow* bertujuan untuk

memastikan bahwa setiap langkah yang dilalui pengguna bersifat logis, sistematis, dan meminimalkan potensi kebingungan (Sutanto, 2022). Alur tersebut dirancang dengan prinsip *progressive disclosure*, yaitu informasi ditampilkan secara bertahap sesuai kebutuhan pengguna pada setiap tahap. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi beban kognitif (*cognitive load*) sehingga pengguna tidak dihadapkan pada terlalu banyak pilihan dalam satu waktu. *User flow* karyawan dapat dilihat pada Gambar 2.



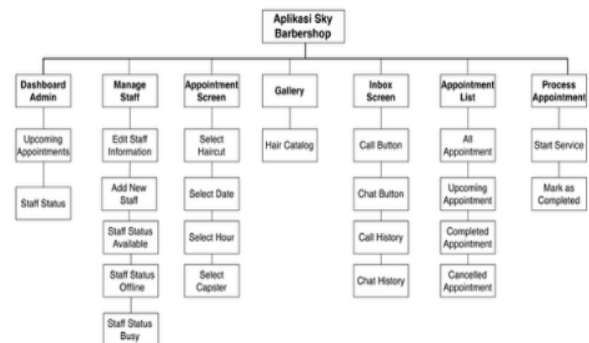
Gambar 2. *User flow* karyawan *Sky Barbershop*

Perancangan *user flow* menunjukkan adanya diferensiasi kebutuhan antara pelanggan dan pihak manajemen, sehingga sistem dirancang dengan dua skema alur yang terpisah namun tetap terintegrasi dalam satu *platform*. Hasil penyusunan *user flow* memperlihatkan bahwa proses reservasi dapat diselesaikan dalam langkah yang terstruktur dan efisien tanpa adanya percabangan kompleks yang berpotensi membingungkan pengguna. *User flow* pelanggan dapat dilihat pada Gambar 3.



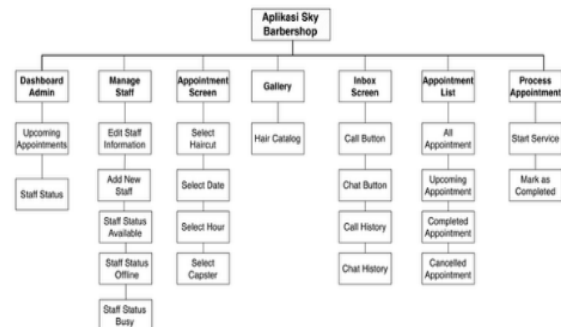
Gambar 3. User flow Pelanggan Sky Barbershop

Tahap *ideate* juga menghasilkan *sitemap* sebagai representasi struktur hierarki informasi dalam aplikasi. *Sitemap* berfungsi untuk menggambarkan hubungan antar halaman serta pengelompokan fitur secara sistematis (Qirani et al., 2024). Penyusunan *sitemap* berkontribusi terhadap konsistensi navigasi serta memperjelas arsitektur informasi (*information architecture*). Struktur yang terorganisir secara logis berperan penting dalam meningkatkan *usability* sistem, sebagaimana dibuktikan pada tahap pengujian yang menunjukkan tingkat penyelesaian tugas mencapai 100%. Aplikasi diawali dengan home screen sebagai pusat navigasi menuju fitur utama. Fitur yang tersedia meliputi *services*, *appointment*, *payment*, *my booking*, *inbox*, dan *setting*. Struktur navigasi dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengakses seluruh fungsi aplikasi secara terintegrasi. *Sitemap* pelanggan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sitemap Pelanggan Sky Barbershop

Dashboard admin berfungsi sebagai pusat informasi yang menampilkan ringkasan *upcoming appointments* dan status karyawan, serta dilengkapi fitur *manage staff* untuk pengelolaan data dan status karyawan. Sistem juga menyediakan *appointment screen* untuk membuat janji temu *walk-in*, *gallery* sebagai katalog model rambut, *inbox* untuk komunikasi, serta *appointment list* dan *process appointment* untuk *monitoring* dan pengelolaan status layanan. Struktur aplikasi dirancang untuk mendukung operasional karyawan secara terintegrasi dan efisien. *Sitemap* karyawan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sitemap Karyawan Sky Barbershop

Tahap *Prototype*

Tahap *prototype* merupakan implementasi visual dan interaktif dari konsep solusi yang telah dirumuskan pada tahap *ideate* (Sia & Satriyawan, 2024). Pada penelitian ini, *prototype* dikembangkan menggunakan Figma dalam bentuk *low-*

fidelity wireframe dan *high-fidelity prototype* yang dapat diuji secara langsung oleh pengguna. Setelah struktur dasar dinyatakan konsisten, pengembangan dilanjutkan ke tahap *high-fidelity prototype*. Pada tahap ini, rancangan telah dilengkapi dengan elemen visual dan interaksi yang menyerupai aplikasi nyata (*near-real product simulation*). *High fidelity wireframe* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sitemap Pelanggan Sky Barbershop

Desain visual mengadopsi pendekatan minimalis-modern dengan dominasi warna netral yang merepresentasikan identitas maskulin *Barbershop*, disertai warna aksen untuk membedakan status interaksi (aktif, berhasil, atau peringatan). Tipografi dipilih untuk menjaga keterbacaan pada perangkat mobile, dengan *hierarki* ukuran *font* yang jelas antara judul, subjudul, dan *body text*.

Tahap Testing

Pengujian efektivitas sistem dilakukan melalui dua metode, yaitu *Maze Testing* dan *System Usability Scale (SUS)*. Hasil pengujian *Maze* mencatatkan tingkat keberhasilan (*task completion rate*) sebesar 100% baik pada proses *sign up/sign in* maupun alur *booking*. Meskipun demikian, ditemukan adanya *misclick rate* pada halaman *login* dan pemilihan *capster*, yang mengindikasikan perlunya optimalisasi hierarki visual serta penegasan pada elemen interaktif agar navigasi pengguna menjadi lebih intuitif dan bisa dilihat pada Gambar 7.



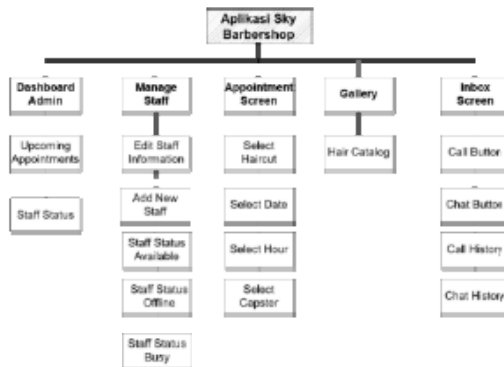
Gambar 7. Sitemap Karyawan Sky Barbershop

Pada hasil *maze testing* tidak ditemukan *error path* atau kegagalan navigasi yang menyebabkan pengguna keluar dari alur utama. Hal ini menunjukkan bahwa secara struktural, *user flow* telah dirancang secara logis dan sistematis. Hasil menunjukkan bahwa *prototype* memiliki efektivitas navigasi yang tinggi dengan tingkat keberhasilan maksimal. Adanya *misclick* lebih mengarah pada aspek penyempurnaan visual daripada kesalahan struktural sistem.

Pengujian SUS dilakukan kepada 28 responden (20 pelanggan dan 8 karyawan). Perhitungan skor mengikuti prosedur standar SUS. Hasil evaluasi *usability testing* menggunakan *maze* dan metode SUS menunjukkan bahwa secara keseluruhan, skor gabungan rata-rata SUS yang diperoleh adalah 76,75 dibulatkan menjadi 77, yang termasuk dalam kategori *Good* dan *Acceptable* dengan *Grade B*. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan aplikasi telah memenuhi aspek *usability* dasar dan dinilai layak untuk diimplementasikan lebih lanjut.

Tahap terakhir dalam penelitian adalah iterasi yang dilakukan sebagai bagian dari proses penyempurnaan desain pada tahap *testing* dalam metode *design thinking*. Melalui hasil *testing* dan umpan balik karyawan, ditemukan bahwa ketersediaan *capster* merupakan faktor krusial dalam proses pemesanan layanan. Karyawan membutuhkan fitur khusus untuk memperbarui status *capster* secara *real-time* seperti *Available*, *Busy*, dan *Offline*, agar sistem reservasi dapat berjalan lebih akurat dan menghindari penumpukan antrian pada *capster* tertentu. Berdasarkan temuan tersebut, dilakukan iterasi dengan menambahkan fitur “*Manage staff*” pada

sitemap terbaru yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Iterasi Sitemap

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode *Design thinking* efektif dalam menghasilkan solusi yang kontekstual dan berorientasi pengguna. Tahap *empathize* dan *define* memungkinkan peneliti memahami secara komprehensif kebutuhan operasional dan pengalaman pelanggan *Sky Barbershop*. Penambahan fitur *manage staff* menjadi kontribusi praktis penelitian dalam mengatasi ketidakseimbangan distribusi pelanggan antar *capster*. Fitur ini menunjukkan bahwa pendekatan desain tidak hanya berfokus pada pelanggan, tetapi juga pada efisiensi internal bisnis.

Hasil *Maze Testing* yang menunjukkan *task completion rate* 100% mengindikasikan bahwa alur sistem telah dirancang secara logis dan mudah dipahami. Namun, temuan *misclick rate* menandakan bahwa aspek visual *hierarchy* dan *affordance* masih perlu disempurnakan. Skor SUS sebesar 77 menempatkan desain dalam kategori *Good* dan *Acceptable*, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kegunaan yang baik meskipun belum mencapai kategori *Excellent*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa aplikasi berbasis *Design thinking* umumnya berada pada rentang skor 75–85 pada evaluasi SUS (Ariska & Nurlila, 2022) (Chandra et al., 2022). Hasil

penelitian ini membuktikan bahwa perancangan UI/UX berbasis *Design thinking* mampu meningkatkan potensi efisiensi operasional, mengurangi antrian fisik, serta meningkatkan pengalaman pengguna melalui sistem reservasi yang lebih terstruktur dan transparan.

D. PENUTUP

Berdasarkan Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi desain UI/UX aplikasi reservasi pangkas rambut berbasis mobile pada *Sky Barbershop* menggunakan pendekatan *Design thinking*. Berdasarkan hasil penelitian, tahapan *empathize* dan *define* berhasil mengidentifikasi permasalahan utama, yaitu antrian manual, ketidakpastian jadwal, serta ketidakseimbangan beban kerja *capster*. Permasalahan tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam solusi melalui perancangan *user flow*, *sitemap*, serta pengembangan *prototype high-fidelity* yang mencakup fitur reservasi terstruktur, pemilihan *capster* dan jadwal, notifikasi, riwayat *booking*, serta *dashboard* admin dengan fitur *manage staff*.

Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan tugas sebesar 100% pada *Maze Testing*, yang menandakan alur sistem telah dirancang secara logis dan mudah dipahami. Sementara itu, skor rata-rata *System Usability Scale* (SUS) sebesar 77 termasuk dalam kategori *Good* dan *Acceptable*, sehingga desain dinilai memiliki tingkat usability yang baik dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menghasilkan rancangan aplikasi yang meningkatkan efisiensi operasional serta pengalaman pengguna telah tercapai. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan implementasi sistem ke tahap pengembangan aplikasi secara nyata dengan dukungan *backend* dan *database*, serta pengujian lanjutan dengan jumlah responden yang lebih luas dan metode

evaluasi tambahan guna memperkuat validitas dan kesiapan implementasi sistem.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, M. R., & Cuhenda. (2024). Perancangan UI/UX Aplikasi Pangkas Rambut Online Dengan Pendekatan Design Thinking. *Informatech : Jurnal Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 1(2), 91–96. <https://doi.org/10.69533/tnq49w07>
- Ariska, D., & Nurlela, S. (2022). Analisis Dan Perancangan UI/UX Aplikasi Lazada Menggunakan Metode Design Thinking. *Jurnal Infortech (Information Technology)*, 4(2), 91. <https://doi.org/0.31294/infortech.v4i2.13234.g5717>
- Awaludin, I., Daffa, K. F. D. G., Simanullang, L. F., & Djutalov, R. (2022). Sistem Informasi Booking Online Barbershop di Mr. Grey Haircutspace Bogor. *Journal Of Research and Publication Innovation*, 1(2), 384–388. <https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/article/view/241>
- Chandra, C. M., Putri, C. M., Theja, D. R., Umami, R., Hakim, S. N., & Pribadi, M. R. (2022). Perancangan UI/UX Pada Aplikasi Femine Menggunakan Metode Design Thinking. *MDP Student Conference (MSC)*, 406–412. <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/msc/article/view/1791>
- Darmalaksana, W. (2020). *Metode Design Thinking Hadis: Pembelajaran, Riset, dan Partisipasi Masyarakat*. Bandung : Fakultas Ushuluddin UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Fariyanto, F., Suaidah, & Ulum, F. (2021). Perancangan Aplikasi Pemilihan Kepala Desa Dengan Metode UX Design Thinking (Studi Kasus: Kampung Kuripan). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 02(02), 52–60. <https://doi.org/10.33365/jtsi.v2i2.853>
- Islami, M. C. S., Wibowo, N. C., & Afandi, M. I. (2024). Perancangan UI/UX Aplikasi Marketplace Barbershop Menggunakan Metode Design Thinking. *JATISI : Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 11(4), 128–144. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v11i4.8778>
- Nuraeni, Gazali, A., & Ariawan, J. (2025). Kualitas Pelayanan dalam Meningkatkan Kepuasan Pelanggan pada Captain Barbershop Area Kelapa Gading Jakarta Utara. *Ekopedia: Jurnal Ilmiah Ekonomi*, 1(4), 1955–1965. <https://doi.org/10.63822/2a1wv519>
- Priyono, A. Y., Aryotejo, G., & Adhy, S. (2023). Penerapan Metode Design Thinking untuk Perancangan Prototype Lost and Found. *Jurnal Masyarakat Informatika (JMASIF)*, 14(2), 96–107. <https://doi.org/10.14710/jmasif.14.2.52662>
- Qirani, A. P., Dellia, P., Istighfarina Izzatul, L., Cahyani, S. P., Rizqiullah, N., & Zahrial, A. (2024). Perancangan UI/UX Aplikasi Penjualan Makanan Berbasis Mobile Menggunakan Aplikasi FIGMA. *JUMIN : Jurnal Media Informatika*, 5(2), 189–195. <https://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/jumin/article/view/3506>
- Reswara, R. A. R. (2024). User Interface Design For A Health Service at PT United Tractors. *JITTER : Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 5(1), 2110. <https://doi.org/10.24843/JTRTI.2024.v05.i01.p05>
- Sia, R., & Satriyawan, H. (2024). Penerapan Metode User Centered Design dalam Perancangan UI/UX Website Penerimaan Peserta Didik Baru Di SDK Yos Sudarso Kepanjen.



Seminar Nasional Sistem Informasi (SENASIF), 8, 4863–4872.

Suhaili, M., Nurrahmi, H., Yurmama, T. F., & Putri, V. I. L. (2022). Perancangan Tampilan UI/UX Pada Aplikasi Novel Komik (Nomik). *JoMMiT: Jurnal Multi Media Dan IT*, 6(1), 23–28.
<https://doi.org/10.46961/jommit.v6i1.559>

Sutanto, R. P. (2022). Analisis User Flow pada Website Pendidikan: Studi Kasus Website DKV UK Petra. *Nirmana*, 22(1), 41–51.
<https://doi.org/10.9744/nirmana.22.1.41-51>

Yablonski, J. (2024). *Laws of UX: Using Psychology to Design Better Products & Services*. California: O'Reilly Media.

ANALISIS PENERIMAAN PENGGUNA *DIGITAL SIGNATURE* PADA SISTEM SAKTI DENGAN PENDEKATAN *TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM)*

**Muhamad Geby Ramadan Roring¹⁾, Pratiwi Rachmadi²⁾, Agnes Novita Ida Safitri³⁾,
Lucia Sri Istiyowati⁴⁾, Deden Prayitno⁵⁾**

^{1,3,4,5}Prodi Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi Perbanas Institute

²Prodi Sains Data Fakultas Teknologi Informasi Perbanas Institute

Correspondence author: P.Rachmadi, pratiwi@perbanas.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

This study aims to analyze the influence of Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness on attitudes toward using and Actual Usage of Digital Signatures (DS) in the implementation of the SAKTI system. The research method is a quantitative approach, using the Technology Acceptance Model (TAM) as the basis for analysis. The research variables are limited to the use of DS issued by the National Cyber and Crypto Agency (BSSN) in state budget disbursement transactions through the SAKTI system. The results indicate that Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness significantly influence attitudes toward using and Actual Usage of DS in the SAKTI system. Furthermore, the results indicate that attitudes toward using a function as a partial mediator of the influence of Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness on Actual Usage of Digital Signatures in the SAKTI system. DS implementation has been proven to increase efficiency, security, transparency, and reduce the risk of misuse of physical documents in state financial transactions. This research provides a practical contribution to supporting a more modern, adaptive, and responsive digital transformation of state finances.

Keywords: user acceptance, sakti system, digital signature, tam

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *Perceived Ease of Use* dan *Perceived Usefulness* terhadap *Attitude Toward Using* serta *Actual Usage Digital Signature* (DS) dalam implementasi Sistem SAKTI. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan kerangka *Technology Acceptance Model (TAM)* sebagai dasar analisis. Variabel penelitian dibatasi pada penggunaan DS yang diterbitkan oleh Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN) dalam transaksi pencairan dana APBN melalui Sistem SAKTI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Perceived Ease of Use* dan *Perceived Usefulness* berpengaruh signifikan terhadap sikap terhadap *Attitude Toward Using* dan *Actual Usage* DS dalam Sistem SAKTI. Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa *Attitude Toward Using* berfungsi sebagai mediator parsial (*partial mediation*) pengaruh *Perceived Ease of Use* dan *Perceived Usefulness* terhadap *Actual Usage*

Digital Signature dalam Sistem SAKTI. Implementasi DS terbukti mampu meningkatkan efisiensi, keamanan, transparansi, serta mengurangi risiko penyalahgunaan dokumen fisik dalam transaksi keuangan negara. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam mendukung transformasi digital keuangan negara yang lebih modern, adaptif, dan responsif.

Kata Kunci: penerimaan pengguna, sistem sakti, *digital signature*, tam

A. PENDAHULUAN

Revolusi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) telah menjadi pendorong utama transformasi global, tidak hanya sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai fondasi dalam perubahan cara bekerja dan mengelola informasi, terutama di sektor publik. Masyarakat menjadi bagian tak terpisahkan dari perubahan ini, namun adopsi teknologi yang lebih cepat daripada kemampuan adaptasi masyarakat berpotensi menimbulkan kesenjangan digital (Wu, 2025). Keberhasilan suatu organisasi di era digital sangat bergantung pada pemahaman mendalam terhadap kebutuhan masyarakat dalam implementasi sistem yang aman dan terpercaya, sehingga diperlukan kerangka pengukuran yang tepat untuk mengidentifikasi tingkat penerimaan dan adaptasi terhadap perubahan teknologi (Maazmi et al., 2024).

Berbagai kerangka teoretis telah dikembangkan untuk memahami penerimaan teknologi. *Theory of Reasoned Action* (TRA) dan *Theory of Planned Behavior* (TPB) berfokus pada niat perilaku berdasarkan sikap, norma subjektif, dan persepsi kontrol, namun kurang sesuai untuk mengevaluasi karakteristik teknis suatu sistem (Tewari, 2023). Sementara itu, *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) menawarkan model integratif yang komprehensif dengan banyak variabel moderator, tetapi cenderung kompleks dan kurang fleksibel untuk penelitian dengan ruang lingkup terbatas (Momani, 2020). Di sisi lain,

Technology Readiness (TR) lebih menitikberatkan pada kesiapan psikologis individu sebelum teknologi diimplementasikan, bukan pada evaluasi sistem yang sudah berjalan (Ismail & Wahid, 2020).

Dari sekian banyak model, *Technology Acceptance Model* (TAM) dipilih sebagai kerangka utama dalam penelitian ini karena kesederhanaan, fokus, dan fleksibilitasnya. TAM secara spesifik dirancang untuk menjelaskan penerimaan teknologi melalui dua variabel kunci, yaitu persepsi kemudahan dan persepsi manfaat. Model ini telah teruji dan divalidasi secara luas dalam berbagai penelitian, serta tidak memerlukan variabel moderator atau konstruk tambahan yang dapat mempersulit analisis. TAM berperan penting dalam mengukur sejauh mana masyarakat menerima dan beradaptasi dengan perubahan teknologi, menentang anggapan bahwa prediksi penerimaan pengguna adalah hal yang mustahil (Schorr, 2023).

Salah satu inovasi digital yang penting dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi adalah Tanda Tangan Elektronik (TTE) atau *Digital Signature* (DS). TTE merupakan skema matematis yang menjamin privasi, integritas data, dan keaslian pesan digital, serta memiliki kekuatan hukum yang sah berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE) di Indonesia (Wati, 2023). Pemerintah, melalui Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN) sebagai *Certification Authority* (CA), terus mendorong penggunaan TTE untuk mengurangi

birokrasi dan mengatasi kelemahan tanda tangan basah di atas kertas yang rentan terhadap pemalsuan (Presiden RI, 2017).

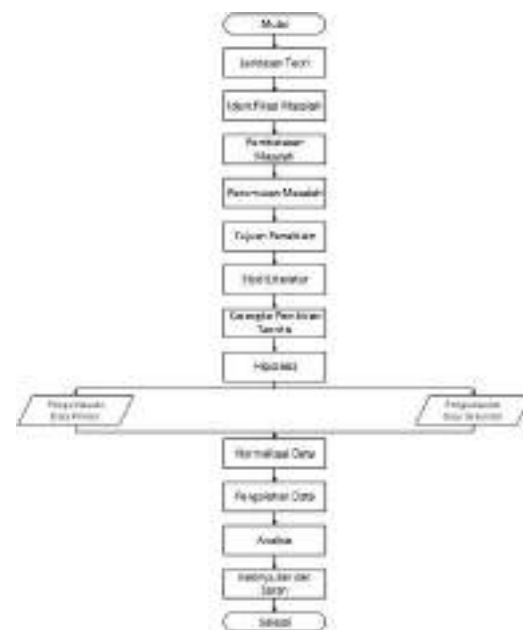
Implementasi TTE dalam Sistem SAKTI (Sistem Akuntansi dan Pelaporan Keuangan Instansi) menjadi langkah strategis pemerintah untuk memodernisasi pengelolaan keuangan negara. Dengan penerapan TTE, Satuan Kerja (Satker) dapat mengirimkan dokumen pendukung pencairan dana APBN secara elektronik, sehingga Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara (KPPN) dapat memprosesnya tanpa menunggu dokumen fisik. Hal ini diharapkan dapat mempercepat proses pencairan dana, meningkatkan efisiensi operasional, transparansi, serta mengurangi risiko kehilangan atau kerusakan dokumen fisik (Dozan et al., 2025).

Penerapan DS pada Sistem SAKTI dilakukan secara bertahap, dimulai pada akhir tahun 2022 hingga selesai pada Agustus 2024. Meskipun sempat menghadapi kendala teknis yang menyebabkan penundaan, implementasi penuh akhirnya dapat direalisasikan (Kementerian Keuangan RI, 2023). Penelitian dengan menggunakan pendekatan TAM ini bertujuan untuk memahami tingkat penerimaan pengguna terhadap teknologi DS pada SAKTI. Hasilnya diharapkan dapat menjadi masukan bagi Direktorat Jenderal Perbendaharaan (DJPb) dalam menyusun strategi penerapan teknologi baru di masa depan, termasuk untuk sistem atau aplikasi lainnya.

B. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan kausalitas atau hubungan sebab-akibat. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menguji hipotesis secara objektif, serta mengidentifikasi hubungan antar variabel dengan bantuan alat analisis kuantitatif (Sugiyono, 2021).

Metode penelitian ini digunakan untuk mengetahui tentang Analisis TAM Terhadap Implementasi DS pada Sistem SAKTI. Penulis memilih TAM dikarenakan penelitian-penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa TAM merupakan model yang valid dan merupakan kerangka teoritis untuk menjelaskan dan memprediksi perilaku penerimaan teknologi (Sunaryanto & Priyono, 2025).



Gambar 1. Tahapan Penelitian

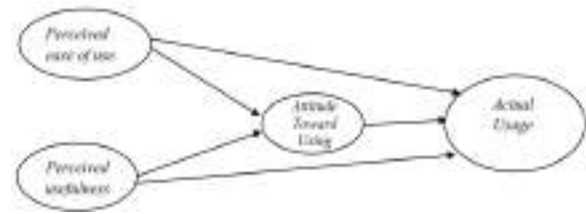
Tahapan penelitian diawali dengan penyusunan landasan teori dan identifikasi masalah melalui observasi serta studi literatur untuk menemukan isu utama. Setelah itu, dilakukan pembatasan masalah agar ruang lingkup penelitian lebih terfokus, dilanjutkan dengan perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian secara spesifik. Studi literatur yang mendalam kemudian dilakukan untuk menemukan celah penelitian dan teori pendukung, yang selanjutnya digunakan untuk menyusun kerangka pemikiran teoritis dan merumuskan hipotesis sebagai jawaban sementara atas hubungan antar variabel.

Setelah kerangka teoritis terbentuk, tahap berikutnya adalah pengumpulan data,

yang mencakup data primer melalui kuesioner atau wawancara dan data sekunder dari dokumen yang ada. Data yang terkumpul kemudian dinormalisasi, diolah, dan dianalisis menggunakan teknik statistik yang sesuai, seperti analisis deskriptif dan inferensial, untuk menguji hipotesis. Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis serta penyusunan saran yang relevan untuk penelitian selanjutnya atau implementasi di lapangan.

TAM (*Technology Acceptance Model*) adalah kerangka kerja yang digunakan untuk memahami penerimaan pengguna terhadap teknologi melalui lima komponen utamanya. Komponen tersebut meliputi *Perceived Usefulness* (keyakinan akan peningkatan kinerja), *Perceived Ease of Use* (keyakinan akan kemudahan penggunaan), *Attitude Toward Using* (sikap terhadap penggunaan), *Behavioral Intention to Use* (niat untuk menggunakan), dan *Actual System Use* (penggunaan nyata teknologi). Meskipun model ini banyak digunakan, penelitian (Maulana et al., 2024; Wulandari & Febriatmoko, 2025) menunjukkan bahwa *Perceived Usefulness* tidak selalu berpengaruh langsung terhadap *Behavioral Intention*.

Berdasarkan temuan tersebut dan karakteristik implementasi Tanda Tangan Elektronik (TTE) di lingkungan pemerintahan yang bersifat mandatory (wajib digunakan), penelitian ini melakukan modifikasi terhadap model TAM dengan menghilangkan variabel *Behavioral Intention to Use*. Hal ini didasarkan pada temuan bahwa dalam sistem mandatory, penggunaan teknologi lebih dipengaruhi oleh dukungan organisasi dan kepatuhan terhadap kebijakan daripada niat pribadi pengguna (Fridkin et al., 2024). Dengan demikian, penelitian ini mengusulkan model yang lebih sederhana dengan fokus pada hubungan langsung antara persepsi pengguna terhadap teknologi dan penggunaan aktualnya.



Gambar 2. Model Penelitian

Responden penelitian ini terdiri dari pengguna utama dalam proses pencairan dana APBN melalui Sistem SAKTI, yaitu KPA, PPSPM, PPK, dan Bendahara Pengeluaran yang berjumlah 100 orang.

Penelitian menggunakan kuesioner sebagai alat utama dalam mengumpulkan data primer. Kuesioner disebar ke responden yang menggunakan Sistem SAKTI. Kuesioner dirancang berdasarkan kerangka TAM untuk mengukur faktor-faktor seperti persepsi kegunaan (*Perceived Usefulness*), persepsi kemudahan penggunaan (*Perceived Ease of Use*), sikap terhadap penggunaan (*Attitude Toward Using*), dan penggunaan aktual (*Actual Usage*).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Berdasarkan kuesioner yang dianalisis, diperoleh responden berjenis kelamin laki-laki sebanyak 58 responden (58%) dan responden perempuan sebanyak 42 responden (42%). Responden berdasarkan usia terbanyak yaitu pada rentang usia 30 – 40 tahun dengan jumlah 35 responden atau 35%. Kemudian diikuti oleh responden dengan rentang usia 40 – 50 tahun dengan jumlah 30 responden atau 30%, selanjutnya responden dengan rentang usia <30 tahun dengan jumlah 20 responden atau 20% dan terakhir responden dengan dengan jumlah paling sedikit adalah responden dengan rentang usia >50 tahun dengan jumlah 15 responden atau 15%.

Berdasarkan tingkat pendidikan, sebagian besar responden memiliki tingkat pendidikan setara D4/S1 yaitu 52 responden atau 52%, kemudian responden lulusan

diploma sebanyak 23 responden atau 23%, disusul responden lulusan S2 sebanyak 14 atau 14%, responden lulusan SMA sebanyak 9 responden atau 9%, dan yang paling sedikit adalah responden dengan tingkat pendidikan S3 yaitu sebanyak 2 orang.

Berdasarkan wilayah, responden paling banyak berasal Pulau Jawa dengan Provinsi Jawa Timur 12 responden atau 12%, kemudian diikuti responden asal Jawa Tengah 8 responden atau 8%, dan 7 responden atau 7% berasal dari Jawa Barat. Sedangkan responden paling sedikit adalah responden dari Pulau Papua, dengan responden masing – masing dari Provinsi Papua, Papua Barat, Papua Barat Daya, Papua Pegunungan, Papua Selatan dan Papua Tengah hanya 1 responden atau 1%. Selain dari Pulau Papua, terdapat Provinsi yang hanya memiliki 1 responden atau 1%, yaitu Provinsi Sumatra Barat, Gorontalo, Maluku, Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah, Banten, Riau, Kepulauan Riau, dan Kepulauan Bangka Belitung.

Berdasarkan jabatan responden, sebagian besar responden merupakan Bendahara yaitu sebanyak 52 responden atau 52%. Selanjutnya, Pejabat Penandatangan SPM (PPSPM) sebanyak 26 responden atau 26%, kemudian Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) sebanyak 17 responden atau 17%, dan yang paling sedikit adalah Kuasa Pengguna Anggaran (KPA) sebanyak 5 responden atau 5%.

Responden paling banyak merupakan pengguna baru aplikasi dengan lama kerja sebagai pengguna aplikasi saat ini adalah selama <6 bulan, sebanyak 44 responden atau 44%. Kemudian responden dengan lama bekerja sebagai pengguna aplikasi 6 bulan - 1 tahun sebanyak 29 responden atau 29%, sebagai pengguna dengan lama bekerja > 2 tahun sebanyak 16 responden atau 16%, dan terakhir adalah pengguna 1-2 tahun sebanyak 11 responden atau 11%.

Hasil Uji Validitas

Uji validitas dilakukan dengan menggunakan korelasi *Pearson Product Moment* untuk mengukur sejauh mana setiap item dalam variabel berkorelasi dengan total skor variabel tersebut. Pengujian ini menggunakan tingkat signifikansi (α) = 0.05 dan dibandingkan dengan nilai r tabel = 0.195 (dengan n = 100).

Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh indikator *Perceived Ease of Use* (PEU), *Perceived Usefulness* (PU), *Attitude Toward Using* (ATU), dan *Actual Usage* (AU) memiliki nilai korelasi Pearson yang signifikan dengan nilai signifikansi p -value < 0.05. Karena semua nilai korelasi indikator lebih besar dari nilai r tabel (0.195) dan signifikan pada α = 0.05 (p -value < 0.05), maka seluruh indikator dalam variabel *Perceived Ease of Use* (PEU), *Perceived Usefulness* (PU), *Attitude Toward Using* (ATU), dan *Actual Usage* (AU) dinyatakan valid dan dapat digunakan dalam penelitian.

Hasil Uji Reliabilitas

Hasil uji reliabilitas untuk variabel *Perceived Ease of Use* (PEU) menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0.871. Nilai ini berada di atas batas minimal 0.6, sehingga mengindikasikan bahwa setiap item dalam variabel PEU dianggap reliabel untuk mengukur persepsi kemudahan penggunaan sistem secara akurat.

Hasil uji reliabilitas untuk variabel *Perceived Usefulness* (PU) menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0.951. Nilai ini berada di atas batas minimal 0.6, sehingga menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan memiliki tingkat reliabilitas yang cukup baik dan dapat diandalkan dalam mengukur variabel tersebut.

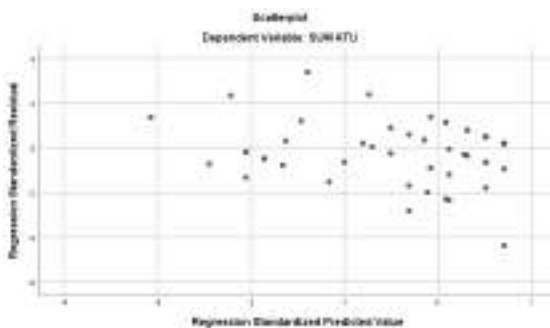
Hasil uji reliabilitas untuk variabel *Attitude Toward Using* (ATU) menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0.860. Nilai ini berada di atas batas minimal 0.6 yang mengindikasikan bahwa

instrumen yang digunakan memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi.

Hasil uji reliabilitas untuk variabel *Actual Usage* (AU) yang menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0.898. Nilai ini berada di atas batas minimal 0.6, yang mengindikasikan bahwa instrumen yang digunakan memiliki tingkat reliabilitas yang baik.

Hasil Uji Heteroskedastisitas

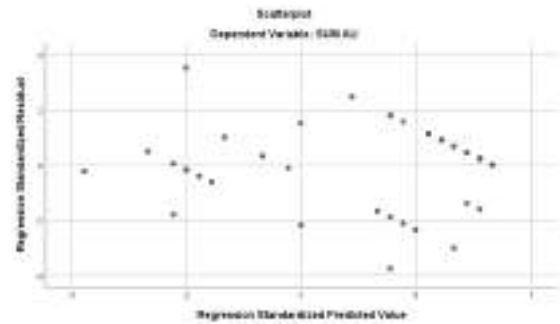
1. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_1 (ATU)



Gambar 3.Scatterplot Hubungan Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_1 (ATU)

Gambar 3 menunjukkan *scatterplot* dengan pola penyebaran titik-titik residual yang tersebar secara acak di atas dan di bawah garis horizontal nol tanpa membentuk pola tertentu. Pola sebaran acak ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat gejala heteroskedastisitas dalam model regresi antara variabel *Perceived Ease of Use* (PEU), *Perceived Usefulness* (PU), dan *Attitude Toward Using* (ATU). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi ini memenuhi asumsi homoskedastisitas, sehingga analisis regresi dapat dilanjutkan tanpa kekhawatiran akan gangguan varians residual yang tidak konstan.

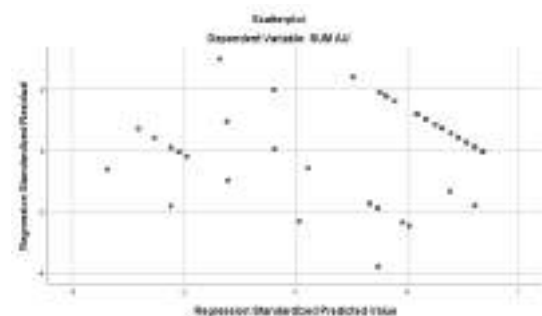
2. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_2 (AU)



Gambar 4.Scatterplot Hubungan Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_2 (AU)

Pada Gambar 4, titik-titik residual tersebar tanpa membentuk pola yang sistematis seperti pola kipas, menyempit-melebar, atau gelombang. Penyebaran yang acak di atas dan di bawah garis nol menunjukkan bahwa varians residual bersifat konstan di seluruh rentang nilai variabel independen. Berdasarkan visualisasi ini, dapat disimpulkan bahwa model regresi antara *Perceived Ease of Use* (PEU) dan *Perceived Usefulness* (PU) terhadap *Actual Usage* (AU) tidak mengalami gejala heteroskedastisitas, sehingga memenuhi asumsi klasik homoskedastisitas dan layak untuk dilanjutkan dalam pengujian regresi.

3. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU), Y_1 (ATU) dengan Y_2 (AU)



Gambar 5.Scatterplot Hubungan Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU), Y_1 (ATU) dengan Y_2 (AU)

Pada Gambar 5, titik-titik residual tersebar tanpa membentuk pola yang sistematis seperti pola kipas, menyempit-

melebar, atau gelombang. Penyebaran yang acak di atas dan di bawah garis nol menunjukkan bahwa varians residual bersifat konstan di seluruh rentang nilai variabel independen. Berdasarkan visualisasi ini, dapat disimpulkan bahwa model regresi antara *Perceived Ease of Use* (PEU), *Perceived Usefulness* (PU), *Attitude Toward Using* (ATU) terhadap *Actual Usage* (AU) tidak mengalami gejala heteroskedastisitas, sehingga memenuhi asumsi klasik homoskedastisitas dan layak untuk dilanjutkan dalam pengujian regresi.

Hasil Uji Multikolinearitas

1. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_1 (ATU)

Tabel 1. Uji Multikolinearitas X_1 , X_2 , Y_1
Coefficients^a

Model		Unstandardized	Std	T	Sig.	Collinearity	
		Coefficients	Coefficients			Statistic	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
1	(Constant)	2.783	1.151	2.417	.017		
	SUM	.261	.064	.440	4.095	.000	.266
	PEU						
	SUM PU	.307	.077	.429	3.985	.000	.266
							3.755

- a. Dependent Variable : SUM ATU

Berdasarkan hasil analisis, nilai *Tolerance* untuk kedua variabel, yaitu *Perceived Ease of Use* (PEU) dan *Perceived Usefulness* (PU), adalah sebesar 0.266, sementara nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) keduanya sebesar 3.755. Nilai-nilai ini masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan, yaitu *Tolerance* > 0.10 dan *VIF* < 10, yang berarti tidak terjadi gejala multikolinearitas di antara kedua variabel independen tersebut. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi antara PEU dan PU terhadap *Attitude Toward Using* (ATU) memenuhi asumsi bebas multikolinearitas, sehingga estimasi parameter regresi dapat dianggap valid dan dapat diinterpretasikan secara terpisah antar variabel.

2. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_2 (AU)

Tabel 2. Uji Multikolinearitas X_1 , X_2 , Y_2
Coefficients^a

Model		Unstandardized	Std	T	Sig.	Collinearity	
		Coefficients	Coefficients			Statistic	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
1	(Constant)	.508	.711	.714	.477		
	SUM	.121	.039	.266	3.075	.003	.266
	PEU						
	SUM PU	.362	.048	.659	7.606	.000	.266
							3.755

- a. Dependent Variable : SUM AU

Berdasarkan hasil analisis, nilai *Tolerance* untuk kedua variabel independen, yaitu *Perceived Ease of Use* (PEU) dan *Perceived Usefulness* (PU), adalah sebesar 0.266, sedangkan nilai *VIF* masing-masing adalah 3.755. Nilai-nilai ini berada dalam batas yang diperbolehkan, yaitu *Tolerance* > 0.10 dan *VIF* < 10. Artinya, tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam model regresi yang menghubungkan PEU dan PU terhadap *Actual Usage* (AU). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua variabel independen dalam model ini bebas dari gejala multikolinearitas, sehingga masing-masing pengaruhnya terhadap variabel dependen dapat dianalisis dan diinterpretasikan secara valid.

3. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU), Y_1 (ATU) dengan Y_2 (AU)

Tabel 3. Uji Multikolinearitas X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2
Coefficients^a

Model		Unstandardized	Std	T	Sig.	Collinearity	
		Coefficients	Coefficients			Statistic	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
1	(Constant)	.054	.710	.076	.940		
	SUM	.079	.041	.173	1.898	.061	.227
	PEU						
	SUM PU	.312	.050	.568	6.266	.000	.229
							4.370

SUM	.163	.061	.213	2.683	.009	.299	3.346
ATU							

a. Dependent Variable : SUM AU

Berdasarkan hasil analisis, nilai *Tolerance* untuk ketiga variabel, yaitu *Perceived Ease of Use* (PEU) adalah sebesar 0,227 dengan nilai VIF 4.404, *Perceived Usefulness* (PU) adalah sebesar 0.229 dengan nilai VIF 4.370, dan *Attitude Toward Using* (ATU) adalah sebesar 0.299 dengan nilai VIF 3.346. Nilai-nilai ini berada dalam batas yang diperbolehkan, yaitu *Tolerance* > 0.10 dan VIF < 10. Artinya, tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam model regresi yang menghubungkan PEU, PU, dan ATU terhadap AU. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua variabel independen dalam model ini bebas dari gejala multikolinearitas, sehingga masing-masing pengaruhnya terhadap variabel dependen dapat dianalisis dan diinterpretasikan secara valid.

Hasil Uji Autokorelasi

1. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_1 (ATU)

Tabel 4. Hasil Uji Autokorelasi X_1 , X_2 , Y_1

Model Summary ^b					
Model	R	Adjusted Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson	
1	.837 ^a	.701	.695	.875	1.970

a. Predictors: (Constant), SUM PU, SUM PEU

b. Dependent Variable: SUM ATU

Dalam penelitian ini, uji autokorelasi dilakukan menggunakan metode Durbin-Watson (DW). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai DW sebesar 1.970. Mengacu pada kriteria interpretasi Durbin-Watson, nilai DW yang berada dalam rentang 1.5 hingga 2.5 menunjukkan bahwa model tidak mengalami autokorelasi, baik positif maupun negatif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi yang mengukur pengaruh *Perceived Ease of Use*

(PEU) dan *Perceived Usefulness* (PU) terhadap *Attitude Toward Using* (ATU) memenuhi asumsi bebas autokorelasi. Ini berarti residual dalam model tersebar secara acak, sehingga hasil analisis regresi dapat dianggap valid dan dapat dipercaya.

2. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_2 (AU)

Pada model regresi antara *Perceived Ease of Use* (PEU) dan *Perceived Usefulness* (PU) terhadap *Actual Usage* (AU), nilai Durbin-Watson yang diperoleh adalah 1.992.

Tabel 5. Hasil Uji Autokorelasi X_1 , X_2 , Y_2

Model Summary ^b					
Model	R	Adjusted Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson	
1	.898 ^a	.806	.802	.541	1.992

a. Predictors: (Constant), SUM PU, SUM PEU

b. Dependent Variable: SUM AU

Mengacu pada pedoman interpretasi DW, nilai yang berada dalam kisaran 1.5 hingga 2.5 menunjukkan tidak adanya autokorelasi, baik positif maupun negatif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi ini bebas dari masalah autokorelasi, dan asumsi dasar regresi linear terkait independensi residual telah terpenuhi. Hal ini memperkuat validitas model dan hasil estimasi regresi yang dihasilkan.

3. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU), Y_1 (ATU) dengan Y_2 (AU)

Tabel 6. Hasil Uji Autokorelasi X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2

Model Summary ^b					
Model	R	Adjusted Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson	
1	.905 ^a	.820	.814	.524	2.006

a. Predictors: (Constant), SUM ATU, SUM PU, SUM PEU

b. Dependent Variable: SUM AU

Pada model regresi antara *Perceived Ease of Use* (PEU), *Perceived Usefulness* (PU), dan *Attitude Toward Using* (ATU) terhadap *Actual Usage* (AU), nilai Durbin-Watson yang diperoleh adalah 2.006. Mengacu pada pedoman interpretasi DW, nilai yang berada dalam kisaran 1.5 hingga 2.5 menunjukkan tidak adanya autokorelasi, baik positif maupun negatif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi ini bebas dari masalah autokorelasi, dan asumsi dasar regresi linear terkait independensi residual telah terpenuhi. Hal ini memperkuat validitas model dan hasil estimasi regresi yang dihasilkan.

Hasil Uji Hipotesis dengan Metode Analisis Regresi Linear Berganda

1. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_1 (ATU)

Berdasarkan hasil uji parsial (uji t) pada tabel 1, diketahui bahwa variabel PEU memiliki nilai signifikansi sebesar 0.000 dengan nilai t sebesar 4.095. Hal ini menunjukkan bahwa PEU berpengaruh signifikan terhadap ATU, karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05. Sementara itu, variabel PU juga memiliki nilai signifikansi sebesar 0.000 dengan nilai t sebesar 3.985, yang berarti PU juga memberikan pengaruh signifikan terhadap ATU. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa baik PEU maupun PU secara individu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sikap pengguna dalam menggunakan *Digital Signature*.

Selanjutnya, hasil uji simultan (uji F) menunjukkan bahwa nilai F sebesar 113.782 dengan nilai signifikansi sebesar 0.000. Karena nilai signifikansi ini lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa secara bersama-sama variabel PEU dan PU berpengaruh signifikan terhadap ATU. Hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel independen secara simultan memberikan kontribusi yang nyata dalam membentuk sikap pengguna terhadap penggunaan *Digital Signature* dalam

Sistem SAKTI. Oleh karena itu, hipotesis pertama dan kedua diterima.

Tabel 7. Hasil Uji F X_1 , X_2 , Y_1

ANOVA ^a						
	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	174.275	2	87.137	113.782	.000 ^b
	Residual	74.285	97	.766		
	Total	248.560	99			

a. Dependent Variable: SUM ATU

b. Predictors: (Constant), SUM PU, SUM PEU

Koefisien determinasi (R^2) dapat dilihat pada tabel 4. Dihitung dari rasio antara jumlah kuadrat regresi dan jumlah kuadrat total, yaitu $174.275 / 248.560 = 0.701$. Artinya, sebesar 70.1% variasi dalam variabel ATU dapat dijelaskan oleh variabel *Perceived Ease of Use* dan *Perceived Usefulness*, sedangkan sisanya sebesar 29.9% dijelaskan oleh faktor lain di luar model ini. Hal tersebut menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menjelaskan variabel dependen.

2. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU) dengan Y_2 (AU)

Berdasarkan tabel 2, hasil uji parsial (uji t), diketahui bahwa variabel PEU memiliki nilai signifikansi sebesar 0.003 dengan nilai t sebesar 3.075. Hal ini menunjukkan bahwa PEU berpengaruh secara signifikan terhadap AU karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05. Sementara itu, variabel PU memiliki nilai signifikansi sebesar 0.000 dengan nilai t sebesar 7.606, yang juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap AU. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa baik PEU maupun PU secara individu memberikan pengaruh signifikan terhadap penggunaan aktual *Digital Signature* oleh pengguna.

Hasil uji simultan (uji F) menunjukkan bahwa nilai F sebesar 201.591 dengan nilai signifikansi 0.000.

Tabel 8. Hasil Uji F X_1 , X_2 , Y_2

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	117.815	2	59.908	201.591	.000 ^b
Residual	28.345	97	.292		
Total	146.160	99			

a. Dependent Variable: SUM AU

b. Predictors: (Constant), SUM PU, SUM PEU

Karena nilai ini lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa secara simultan, variabel PEU dan PU secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap variabel AU. Hal ini menegaskan bahwa kombinasi persepsi terhadap kemudahan dan manfaat penggunaan teknologi secara bersama-sama mendorong penggunaan aktual *Digital Signature* dalam Sistem SAKTI, sehingga hipotesis ketiga dan keempat diterima.

Berdasarkan tabel 5, koefisien determinasi (R^2) dihitung dari rasio antara jumlah kuadrat regresi dan jumlah kuadrat total, yaitu $117.815 / 146.160 = 0.806$. Artinya, sebesar 80.6% variasi dalam variabel *Actual Usage* dapat dijelaskan oleh variabel *Perceived Ease of Use* dan *Perceived Usefulness*, sedangkan sisanya sebesar 19.4% dijelaskan oleh faktor lain di luar model ini. Ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang tinggi dalam menjelaskan penggunaan aktual teknologi.

3. Antara Variabel X_1 (PEU), X_2 (PU), Y_1 (ATU) dengan Y_2 (AU)

Berdasarkan tabel 3, hasil uji parsial (uji t), diketahui bahwa variabel ATU memiliki nilai signifikansi sebesar 0.009 dengan nilai t sebesar 2.683. Dengan nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, hal tersebut menunjukkan bahwa ATU berpengaruh secara signifikan terhadap AU. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ATU secara individu memberikan pengaruh signifikan terhadap penggunaan aktual *Digital Signature* oleh pengguna, sehingga hipotesis kelima diterima.

Hasil uji simultan (uji F) menunjukkan bahwa nilai F sebesar 145.384 dengan nilai signifikansi 0.000.

Tabel 9. Hasil Uji F X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	119.793	3	39.931	145.384	.000 ^b
Residual	26.367	96	.275		
Total	146.160	99			

a. Dependent Variable: SUM AU

b. Predictors: (Constant), SUM ATU, SUM PU, SUM PEU

Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa, variabel ATU berpengaruh signifikan terhadap variabel AU. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bahwa kombinasi persepsi terhadap kemudahan, manfaat, dan sikap penggunaan teknologi secara bersama-sama mendorong penggunaan aktual *Digital Signature* dalam Sistem SAKTI.

Berdasarkan tabel 6, Koefisien determinasi (R^2) dihitung dari rasio antara jumlah kuadrat regresi dan jumlah kuadrat total, yaitu $119.793 / 146.160 = 0.820$. Artinya, sebesar 82% variasi dalam variabel *Actual Usage* dapat dijelaskan oleh variabel *Perceived Ease of Use*, *Perceived Usefulness*, dan *Attitude Toward Using*, sedangkan sisanya sebesar 18% dijelaskan oleh faktor lain di luar model ini. Hal tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang tinggi dalam menjelaskan penggunaan aktual teknologi.

Hasil Uji Hipotesis dengan Uji Efek Mediasi

1. Antara Variabel PEU (Variabel Bebas/X), ATU (Variabel Mediasi/M), dan AU (Variabel Terikat/Y)

OUTCOME VARIABLE: SUMATU						
Model Summary						
R	R-sq	MSE	F	df1	df2	p
.808	.652	.882	183.788	1.000	98.000	.000
Model						
	coeff	se	t	p	LLCI	ULCI
constant	5.530	.989	5.590	.000	3.567	7.493
SUMPEU	.479	.035	13.557	.000	.409	.549

Gambar 6. Model Summary (Regresi Jalur X → M) PEU dan ATU

Gambar 6 menunjukkan hasil regresi di mana ATU (Variabel Mediasi) adalah variabel terikat, dan PEU (Variabel Bebas) adalah variabel bebas. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien dari Model Summary (Regresi Jalur X → M) adalah 0.479 dengan p yang merupakan nilai signifikansi adalah 0.000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif yang signifikan dari PEU terhadap variabel ATU.

OUTCOME VARIABLE: SUMAU						
Model Summary						
R	R-sq	MSE	F	df1	df2	p
.864	.746	.383	142.301	2.000	97.000	.000
Model						
	coeff	se	t	p	LLCI	ULCI
constant	2.055	.749	2.745	.007	.569	3.541
SUMPEU	.231	.039	5.859	.000	.153	.310
SUMATU	.306	.067	4.598	.000	.174	.438

Gambar 7. Model Summary (Regresi Jalur X, M → Y) PEU, ATU dan AU

Gambar 7 menunjukkan hasil regresi di mana AU (Variabel Terikat) adalah variabel terikat, sementara PEU (Variabel Bebas) dan ATU (Variabel Mediasi) adalah variabel bebas. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien dari Model Summary (Regresi Jalur X, M → Y) adalah sebagai berikut:

- Untuk Variabel PEU dengan Variabel AU (setelah dikontrol oleh ATU) nilai koefisiennya adalah 0.231 dengan p yang merupakan nilai signifikansi adalah 0.000. Karena nilai signifikansi

lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif yang signifikan dari Variabel PEU terhadap Variabel AU bahkan setelah memasukkan ATU sebagai mediator.

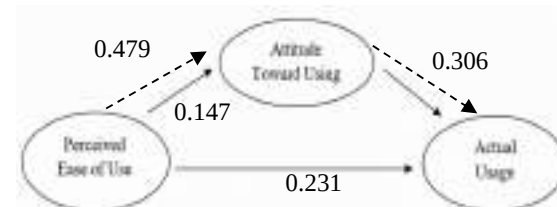
- Untuk Variabel ATU dengan Variabel AU nilai koefisiennya adalah 0.306 dengan p yang merupakan nilai signifikansi adalah 0.000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif yang signifikan dari Variabel ATU terhadap Variabel AU.

Direct effect of X on Y					
Effect	se	t	p	LLCI	ULCI
.231	.039	5.859	.000	.153	.310
Indirect effect(s) of X on Y:					
Effect	BootSE	BootLLCI	BootULCI		
SUMATU	.147	.055	.049	.267	

Gambar 8. Direct and Indirect Effects (Uji Mediasi) PEU, ATU, dan AU

Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian mediasi menggunakan metode Bootstrapping. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien Pengaruh Tidak Langsung adalah $0.479 \times 0.306 = 0.147$ dengan nilai BootLLCI adalah 0.049 dan BootULCI 0.267. Karena rentang Confidence Interval (CI) 0.049 hingga 0.267 Tidak mencantumkan angka 0, maka disimpulkan bahwa Pengaruh Tidak Langsung adalah signifikan, dan ATU berperan sebagai mediator parsial (partial mediation) dalam hubungan antara PEU dan AU, sehingga hipotesis keenam diterima.

Visualisasi jalur dari hasil pengujian mediasi diatas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 9. Path Analysis PEU, ATU, dan AU

2. Antara Variabel PU (Variabel Bebas/X), ATU (Variabel Mediasi/M), dan AU (Variabel Terikat/Y)

OUTCOME VARIABLE: SUMATU						
Model Summary						
R	R-sq	MSE	F	df1	df2	p
.806	.649	.889	181.573	1.000	98.000	.000
Model						
	coeff	se	t	p	LLCI	ULCI
constant	2.303	1.234	1.867	.065	-.145	4.752
SUMP	.577	.043	13.475	.000	.492	.662

Gambar 10. Model Summary (Regresi Jalur X → M) PU dan ATU

Gambar 10 menunjukkan hasil regresi di mana ATU (Variabel Mediasi) adalah variabel terikat, dan PU (Variabel Bebas) adalah variabel bebas. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien dari Model Summary (Regresi Jalur X → M) adalah 0.577 dengan p yang merupakan nilai signifikansi adalah 0.000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif yang signifikan dari PU terhadap variabel ATU.

OUTCOME VARIABLE: SUMAU						
Model Summary						
R	R-sq	MSE	F	df1	df2	p
.902	.813	.282	210.623	2.000	97.000	.000
Model						
	coeff	se	t	p	LLCI	ULCI
constant	-.192	.707	-.272	.786	-1.596	1.211
SUMP	.367	.041	9.019	.000	.286	.448
SUMATU	.207	.057	3.647	.000	.095	.320

Gambar 11. Model Summary (Regresi Jalur X, M → Y) PU, ATU dan AU

Gambar 11 menunjukkan hasil regresi di mana AU (Variabel Terikat) adalah variabel terikat, sementara PU (Variabel Bebas) dan ATU (Variabel Mediasi) adalah variabel bebas. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien dari Model Summary (Regresi Jalur X, M → Y) adalah sebagai berikut:

- Untuk Variabel PU dengan Variabel AU (setelah dikontrol oleh ATU) nilai koefisiennya adalah 0.367 dengan p yang merupakan nilai signifikansi adalah 0.000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan

bahwa terdapat pengaruh positif yang signifikan dari Variabel PU terhadap Variabel AU bahkan setelah memasukkan ATU sebagai mediator.

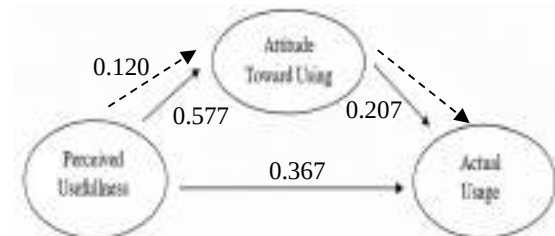
- Untuk Variabel ATU dengan Variabel AU nilai koefisiennya adalah 0.207 dengan p yang merupakan nilai signifikansi adalah 0.000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif yang signifikan dari Variabel ATU terhadap Variabel AU.

Direct effect of X on Y					
Effect	se	t	p	LLCI	ULCI
.367	.041	9.019	.000	.286	.448
Indirect effect(s) of X on Y:					
Effect	BootSE	BootLLCI	BootULCI		
SUMATU	.120	.060	.023	.258	

Gambar 12. Direct and Indirect Effects (Uji Mediasi) PU, ATU, dan AU

Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian mediasi menggunakan metode Bootstrapping. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien Pengaruh Tidak Langsung adalah $0.577 \times 0.207 = 0.120$ dengan nilai BootLLCI adalah 0.023 dan BootULCI 0.258. Karena rentang Confidence Interval (CI) 0.023 hingga 0.258 Tidak mencantumkan angka 0, maka disimpulkan bahwa Pengaruh Tidak Langsung adalah signifikan, dan ATU berperan sebagai mediator parsial (partial mediation) dalam hubungan antara PU dan AU, sehingga hipotesis ketujuh diterima.

Visualisasi jalur dari hasil pengujian mediasi diatas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 13. Path Analysis PU, ATU, dan AU

Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda serta uji asumsi klasik yang telah dilakukan, seluruh hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini terbukti diterima. Setiap hubungan antara variabel independen dan dependen menunjukkan pengaruh positif dan signifikan, sebagaimana akan dijelaskan dalam uraian berikut:

1. Hipotesis 1: *Perceived Ease of Use* berpengaruh positif terhadap *Attitude Toward Using Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI

Hasil uji parsial menunjukkan bahwa *Perceived Ease of Use* (PEU) memiliki nilai signifikansi sebesar 0.000 dan nilai t sebesar 4.095, yang berarti PEU secara statistik berpengaruh signifikan terhadap *Attitude Toward Using* (ATU). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin mudah suatu sistem digunakan, semakin positif sikap pengguna terhadap sistem tersebut. Dalam konteks Sistem SAKTI, kemudahan penggunaan *Digital Signature* berkontribusi langsung dalam meningkatkan penerimaan pengguna terhadap teknologi ini. Dengan nilai beta standar sebesar 0.440, PEU terbukti menjadi variabel yang lebih dominan memengaruhi ATU. Oleh karena itu, hipotesis pertama diterima.

2. Hipotesis 2: *Perceived Usefulness* berpengaruh positif terhadap *Attitude Toward Using Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI.

Uji parsial terhadap variabel *Perceived Usefulness* (PU) menunjukkan hasil yang sangat signifikan dengan nilai signifikansi sebesar 0.000 dan nilai t sebesar 3.985. Dengan nilai beta standar sebesar 0.429, PU terbukti menjadi variabel yang dominan memengaruhi ATU. Oleh karena itu, hipotesis kedua diterima. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar manfaat yang dirasakan dari penggunaan *Digital Signature* pada Sistem SAKTI, semakin

positif sikap pengguna terhadap penggunaannya. Dengan demikian, hipotesis kedua terbukti dan diterima.

3. Hipotesis 3: *Perceived Ease of Use* berpengaruh positif terhadap *Actual Usage Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI.

Berdasarkan hasil regresi terhadap variabel *Actual Usage* (AU), PEU memiliki nilai signifikansi sebesar 0.003 dan nilai t sebesar 3.075. Dengan nilai beta standar sebesar 0.266, PU terbukti menjadi variabel yang dominan memengaruhi AU. Hal tersebut membuktikan bahwa kemudahan penggunaan teknologi juga berdampak langsung pada seberapa sering dan sejauh mana pengguna benar-benar menggunakannya. Dengan demikian, pengguna Sistem SAKTI yang merasakan kemudahan dalam menggunakan *Digital Signature* cenderung akan lebih aktif dan konsisten dalam penggunaannya. Dengan demikian, hipotesis ketiga terbukti dan diterima.

4. Hipotesis 4: *Perceived Usefulness* berpengaruh positif terhadap *Actual Usage Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI.

Variabel PU menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap AU dengan nilai signifikansi sebesar 0.000 dengan nilai t sebesar 7.606. Dengan nilai beta standar sebesar 0.659, PU terbukti menjadi variabel yang paling dominan memengaruhi AU. Hal ini menegaskan bahwa persepsi pengguna terhadap manfaat nyata dari teknologi yang digunakan memainkan peran penting dalam mendorong penggunaan aktualnya. Ketika pengguna melihat bahwa penggunaan *Digital Signature* memberikan nilai tambah dalam efisiensi dan keandalan proses pencairan dana APBN, mereka akan lebih cenderung menggunakan teknologi

tersebut secara konsisten. Oleh karena itu, hipotesis keempat diterima.

5. Hipotesis 5: *Attitude Toward Using* berpengaruh positif terhadap *Actual Usage Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI.

Variabel ATU menunjukkan pengaruh yang positif terhadap AU dengan nilai signifikansi sebesar 0.009 dengan nilai t sebesar 2.683. Dengan nilai beta standar sebesar 0.213, ATU menjadi variabel yang berpengaruh positif terhadap AU. Oleh karena itu, hipotesis kelima diterima.

6. Hipotesis 6: *Attitude Toward Using* memediasi pengaruh *Perceived Ease of Use* terhadap *Actual Usage Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI.

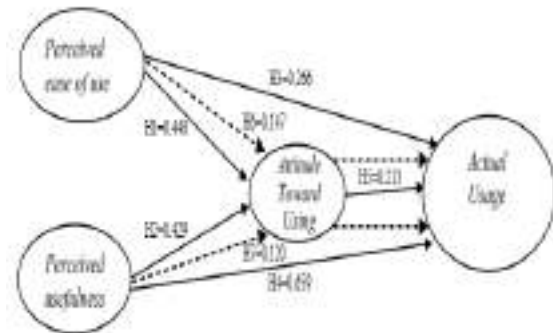
Dari hasil Uji Hipotesis dengan Uji Efek Mediasi untuk membuktikan apakah variabel ATU berperan sebagai variabel mediasi antara PEU terhadap AU, diketahui bahwa rentang Confidence Interval (CI) 0.049 hingga 0.267, sehingga ATU menjadi variabel yang signifikan dalam memediasi PEU terhadap AU. Walaupun nilai koefisien Pengaruh Tidak Langsung 0.147 lebih kecil daripada nilai koefisien Pengaruh Langsung 0.231, dapat disimpulkan bahwa ATU berperan sebagai mediator parsial (partial mediation) dalam hubungan antara PEU dan AU, sehingga hipotesis keenam diterima.

7. *Attitude Toward Using* memediasi pengaruh *Perceived Usefulness* terhadap *Actual Usage Digital Signature* dalam penggunaan Sistem SAKTI.

Dari hasil Uji Hipotesis dengan Uji Efek Mediasi untuk membuktikan apakah variabel ATU berperan sebagai variabel mediasi antara PU terhadap AU, diketahui bahwa rentang Confidence Interval (CI) 0.023 hingga 0.258, sehingga ATU menjadi variabel yang signifikan dalam memediasi PU terhadap AU. Walaupun nilai koefisien Pengaruh Tidak Langsung 0.120 jauh

lebih kecil daripada nilai koefisien Pengaruh Langsung 0.367, ATU tetap dapat disimpulkan berperan sebagai mediator parsial (partial mediation) dalam hubungan antara PU dan AU, sehingga hipotesis ketujuh diterima.

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian diatas, visualisasi jalur dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 14. Visualisasi Jalur Pembahasan Hasil Penelitian

D. PENUTUP

Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi penerimaan dan penggunaan teknologi Tanda Tangan Digital (DS) dalam Sistem SAKTI dengan pendekatan *Technology Acceptance Model* (TAM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi kemudahan penggunaan dan persepsi kegunaan berpengaruh positif dan signifikan terhadap pembentukan sikap pengguna. Kedua persepsi tersebut, bersama dengan sikap pengguna, juga terbukti mendorong penggunaan aktual, dengan persepsi kegunaan sebagai faktor paling dominan. Hal ini menegaskan bahwa dalam sistem yang bersifat wajib sekalipun, pengguna akan konsisten menggunakan DS jika merasakan manfaat nyata seperti efisiensi, kecepatan, dan keamanan dalam pekerjaan sehari-hari. Selain itu, sikap pengguna terbukti berperan sebagai mediasi parsial yang signifikan, memperkuat hubungan

antara persepsi teknologi dengan penggunaan aktual.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain hanya menggunakan empat variabel TAM, melibatkan 100 responden, serta mengandalkan metode survei yang memungkinkan terjadinya bias pendapat. Subjek penelitian terbatas pada Sistem SAKTI yang bersifat mandatory di lingkungan pemerintahan, sehingga hasilnya belum tentu dapat digeneralisasi ke konteks lain. Keterbatasan ini menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya untuk memperluas cakupan variabel dan pendekatan.

Sebagai saran, perlu dilakukan optimalisasi desain alur dan antarmuka DS agar semakin mudah digunakan, serta peningkatan dukungan teknis melalui helpdesk dan panduan yang memadai. Penguatan sosialisasi nilai manfaat DS juga penting untuk menjaga persepsi positif pengguna. Pengguna sendiri disarankan aktif memberikan umpan balik guna perbaikan sistem. Penelitian mendatang disarankan menambahkan variabel eksternal seperti dukungan organisasi atau keamanan, serta menggunakan pendekatan kualitatif untuk menggali lebih dalam hambatan non-teknis seperti regulasi dan budaya kerja.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Dozan, W., Soemartono, T., & Pakpahan, R. T. (2025). Implementation of the Institutional Financial Application System (Sakti) in Financial Reporting at the Finance and Asset Bureau of the Ministry of Home Affairs. *Jendela Aswaja : Jurnal Jembatan Efektivitas Ilmu Dan Akhlak Ahlussunah Wal Jama'ah*, 6(2), 216–230. <https://doi.org/10.52188/jeas.v6i2.1371>
- Fridkin, S., Greenstein, G., Cohen, A., & Damari, A. (2024). Perceived Usefulness of a Mandatory Information System. *Applied Sciences*, 14(16), 7413. <https://doi.org/10.3390/app14167413>
- Ismail, K. A., & Wahid, N. A. (2020). A Review on Technology Readiness Concept to Explain Consumer's Online Purchase Intention. *IJIM : International Journal of Industrial Management*, 6(1), 49–57. <https://doi.org/10.15282/ijim.6.0.2020.5629>
- Kementerian Keuangan RI. (2023). *Peraturan Menteri Keuangan Nomor 158 Tahun 2023 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Keuangan Nomor 171 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Sistem SAKTI*.
- Maazmi, A. Al, Piya, S., & Araci, Z. C. (2024). Exploring the Critical Success Factors Influencing the Outcome of Digital Transformation Initiatives in Government Organizations. *Systems*, 12(12), 524. <https://doi.org/10.3390/systems12120524>
- Maulana, Y., Kurniawan, M., & Putri, R. (2024). Pengaruh Perceived Ease of Use, Perceived Usefulness Terhadap Behavior Intention to Use Pada Pengguna Layanan Qris Bsi Mobile Dengan Trust Sebagai Variabel Intervening (Studi Pada Mahasiswa Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung). *ProBisnis : Jurnal Manajemen*, 15(6), 276–284. <https://ejournal.joninstitute.org/index.php/ProBisnis/article/view/774>
- Momani, A. M. (2020). The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development*, 12(3), 79–98. <https://doi.org/10.4018/IJSKD.2020070105>
- Presiden RI. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 133 Tahun 2017 Tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 53 Tahun 2017 Tentang Badan Siber dan Sandi Negara*.



- Schorr, A. (2023). The Technology Acceptance Model (TAM) and its Importance for Digitalization Research: A Review. *Proceedings of the International Symposium on Teknikpsychologie*, 55–65. <https://doi.org/10.2478/9788366675896-005>
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Cetakan Ketiga. Bandung : Alfabeta.
- Sunaryanto, M. B., & Priyono, A. (2025). Integrasi Technology Acceptance Model (TAM) dan Theory of Planned Behavior (TPB) terhadap Penerimaan QRIS pada Generasi Muda. *Selekta Manajemen: Jurnal Mahasiswa Bisnis & Manajemen*, 3(2), 39–51. <https://journal.uui.ac.id/selma/article/view/36184>
- Tewari, A. (2023). A Comparative Analysis of the Theory of Reasoned Action (TRA) With the Theory of Planned Behaviour (TPB) for the Objective of Understanding Students Entrepreneurial Intention. *IJFMR : International Journal For Multidisciplinary Research*, 5(4), 1–14. <https://www.ijfmr.com/papers/2023/4/5591.pdf>
- Wati, T. (2023). Kekuatan Hukum dan Aspek Keamanan Dalam Tanda Tangan Elektronik. *Jurnal Sains Student Research*, 1(1), 752–762. <https://doi.org/10.61722/jssr.v1i2.394>
- Wu, M.-Y. (2025). Examining the impacts of information and communication technology (ICT) on national development and wellbeing: A global perspective. *Journal of Economy and Technology*, 3, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.ject.2024.11.006>
- Wulandari, A. N., & Febriatmoko, B. (2025). Pengaruh Perceived Usefulness dan Perceived Ease of Use terhadap Behavior Intention E-Wallet DANA di Kota Semarang melalui Trust sebagai Mediasi. *Bookchapter Manajemen Pemasaran*, 1, 60–77. <https://doi.org/10.15294/mp.v1i1.387>

SISTEM INFORMASI DESA JEMBARWANGI: INOVASI BERBASIS WEB UNTUK MENGANGKAT POTENSI LOKAL

Peti Savitri¹⁾, Dhema Yunautama²⁾, Fitri Sya'bandyah³⁾, Diky Ramadhani⁴⁾
^{1,2,3,4}Prodi Teknik Informatika, Direktorat Vokasi, Universitas Sangga Buana YPKP

Correspondence author: F. Sya'bandyah, fitri.syabandyah@usbypkp.ac.id, Bandung, Indonesia

Abstract

This research aims to develop a web-based village information system that focuses on local potential, both human resources (HR) and natural resources (NR). This system is designed to empower village governments to manage local potential in a structured, accurate, and efficient manner to improve community welfare through local potential promotion, investment attraction, and economic development. This research uses an evolutionary prototype-based software development methodology due to its flexibility to user needs and feedback. The development stages include needs analysis, system design, implementation, testing, and performance evaluation. The result is a web-based village information system that supports the management and transparency of local potential information. This system is equipped with development documentation and user guides, allowing it to be replicated by other villages. With this system, it is hoped that village governments will be able to improve their management capacity and transparency, optimally supporting village economic sustainability.

Keywords : *information media, web-based, Jembarwangi Village, local potential*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan membangun media informasi desa berbasis web yang berfokus pada potensi lokal, baik Sumber Daya Manusia (SDM) maupun Sumber Daya Alam (SDA). Media ini dirancang untuk memberdayakan Pemerintah Desa dalam pengelolaan potensi lokal secara terstruktur, akurat, dan efisien guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui promosi potensi lokal, penarikan investasi, dan pengembangan ekonomi. Penelitian ini menggunakan metodologi pengembangan perangkat lunak berbasis prototipe evolusioner karena fleksibilitasnya terhadap kebutuhan dan umpan balik pengguna. Tahapan pengembangan meliputi analisi kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi kinerja. Hasil penelitian ini berupa sistem informasi desa berbasis web yang mendukung manajemen dan transparansi informasi potensi lokal. Sistem ini dilengkapi dokumentasi pengembangan dan panduan penggunaan, sehingga dapat direplikasi oleh desa lain. Dengan sistem ini, Pemerintah Desa diharapkan mampu meningkatkan kapasitas manajemen serta transparansi, mendukung keberlanjutan ekonomi desa secara optimal.

Kata Kunci : *media informasi, berbasis web, desa jembarwangi, potensi lokal*

A. PENDAHULUAN

Desa merupakan unit terkecil dalam struktur pemerintahan Indonesia yang memiliki peran penting dalam pembangunan nasional, yang memiliki kewenangan untuk mengatur dan mengurus urusan pemerintahan serta kepentingan masyarakat setempat berdasarkan prakarsa masyarakat, hak asal usul, dan/atau hak tradisional yang diakui dan dihormati dalam sistem pemerintahan Negara Kesatuan Republik Indonesia (Sandika et al., 2024). Pemberdayaan desa dan pengelolaan potensi lokal menjadi kunci untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa (Sujianto et al., 2024). Namun, banyak desa yang belum memiliki sistem informasi yang memadai untuk mengelola dan mempublikasikan informasi mengenai potensi lokal, baik Sumber Daya Manusia maupun Sumber Daya Alam (Is'adi et al., 2026; Karimullah et al., 2022; Manullang et al., 2026). Keterbatasan ini menyebabkan informasi yang ada tidak terstruktur, kurang akurat, dan tidak efisien dalam penggunaannya (Auliya et al., 2025; Fikri et al., 2021; Is'adi et al., 2026).

Keberadaan sistem informasi desa berbasis web yang terintegrasi dan mudah diakses diharapkan dapat menjadi solusi atas masalah ini (Adha et al., 2025; Anam et al., 2025; Suhardi et al., 2025). Sistem tersebut akan memungkinkan pemerintah desa untuk mengelola data dengan lebih baik, meningkatkan transparansi, serta mempermudah akses informasi bagi masyarakat dan pihak-pihak yang berkepentingan (Is'adi et al., 2026; Pramana et al., 2025; Prihartono et al., 2023). Dengan demikian, desa dapat mengoptimalkan potensi lokalnya dan mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pembangunan desa (Aidin, 2025; Ridho, 2024).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini berusaha menjawab beberapa permasalahan utama

yang dihadapi oleh desa dalam pengelolaan dan publikasi informasi potensi lokal. Adapun rumusan permasalahan yang akan diteliti adalah sebagai berikut: 1) Bagaimana merancang dan mengembangkan sistem informasi desa berbasis web yang mampu mengelola data potensi lokal dengan efisien. 2) Bagaimana memastikan bahwa sistem informasi yang dikembangkan dapat digunakan dengan mudah oleh pemerintah desa dan masyarakat. 3) Bagaimana mengintegrasikan umpan balik dari pengguna untuk terus memperbaiki dan menyempurnakan sistem informasi desa yang telah dikembangkan.

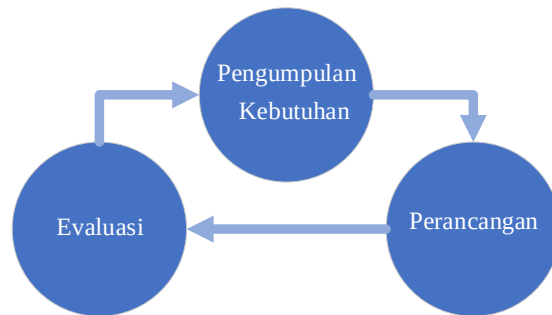
Dengan penyelesaian permasalahan-permasalahan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan potensi desa. Implementasi sistem informasi yang dikembangkan diharapkan dapat memperkuat kapasitas pemerintah desa, meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam pembangunan, dan memperluas transparansi informasi. Selain itu, sistem ini dapat berfungsi sebagai contoh yang dapat diadaptasi oleh desa-desa lain di Indonesia, sehingga mempercepat kemajuan pembangunan di berbagai wilayah.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian Metoda pengembangan sistem yang digunakan adalah metode prototype. Metode penelitian prototype merupakan metode praktis dalam memandu konstruksi model desain (Ningsih & Nurfauziah, 2023).

Secara sederhana metode ini dapat diperlihatkan pada gambar 4 di bawah ini. Prototyping membantu mengembangkan produk dengan cepat dengan menyediakan alat yang baik untuk pemecahan masalah dan dapat memvalidasi konsep (Supiyandi et al., 2023). Dalam pelaksanaannya, langkah atau tahapan yang dilakukan

adalah sebagai berikut (Pressman & Maxim, 2020).



Gambar 1. Metode Prototyping

Pengumpulan data yang dilakukan untuk memahami kebutuhan sistem informasi desa berdasarkan kondisi nyata yang diamati selama pelaksanaan Kuliah Kerja Nyata (KKN). Sedangkan teknik yang digunakan adalah sebagai berikut: 1) Observasi Langsung (*Field Observation*); observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung aktivitas sehari-hari di desa seperti pengamatan terhadap alur kerja manual perangkat desa dalam mengelola administrasi, pola interaksi masyarakat dengan perangkat desa terkait informasi, dan pengamatan terhadap sarana teknologi informasi yang tersedia di desa. 2) Studi Dokumentasi; teknik ini dilakukan dengan meninjau dokumen-dokumen yang tersedia di desa seperti untuk mendapatkan data mengenai profil desa (visi, misi, sejarah, struktur organisasi, data demografi), catatan administrasi manual (seperti pencatatan laporan kegiatan. 3) Pengalaman Pribadi (*Participant Observation*); pengalaman didapat saat pelaksanaan KKN yang dilakukan salah satu anggota peneliti, yaitu turut berpartisipasi dalam kegiatan desa, seperti membantu administrasi atau mendokumentasikan potensi lokal. Partisipasi ini memberikan wawasan langsung mengenai permasalahan dan kebutuhan yang ada. 4) *Focus Group Discussion* (FGD) dan Survei; dilakukan dengan melibatkan perangkat desa dan

masyarakat untuk mendapatkan umpan balik mengenai kebutuhan dan ekspektasi pengguna terhadap sistem. FGD melibatkan langsung Kepala Desa, dan para stafnya secara langsung di kantor Desa Jembarwangi. Pertanyaan mencakup kendala pengelolaan potensi desa, fitur sistem yang diperlukan atau dianggap penting, serta preferensi antarmuka sistem dan tingkat kesulitan penggunaan teknologi. Hasil analisis digunakan untuk merancang fitur prioritas dalam sistem. 5) Rencana Wawancara Terstruktur; wawancara terstruktur dengan perangkat desa dan masyarakat direncanakan akan dilakukan pada saat tahap pengembangan sistem berikutnya. Teknik ini dilakukan untuk memvalidasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi, FGD dan survei, serta memperoleh masukan lebih rinci dari pengguna terkait fitur yang diperlukan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan data yang diperoleh melalui teknik yang dijelaskan pada bagian metode sebelumnya, dilakukan perancangan konseptual dengan menggunakan metode berorientasi objek, yang digambarkan melalui diagram-diagram dalam *Unified Modelling Language* (UML), yaitu diagram *use case* dan diagram *class*. Hasil diskusi dalam FGD menunjukkan bahwa perangkat desa menghadapi tantangan utama berupa aksesibilitas yang terbatas akibat lokasi desa yang sulit dijangkau, sehingga potensi desa jarang dikenal oleh pihak luar. Dengan adanya sistem informasi desa berbasis web, mereka berharap dapat memperkenalkan potensi desa secara lebih luas melalui *platform digital*. Temuan ini menegaskan pentingnya pengembangan fitur "Mengetahui Potensi" dan "Koleksi Galeri" yang dirancang untuk mempromosikan potensi desa secara online.

Berikut ini diagram *use case* yang sudah dibangun untuk Sistem Informasi Desa Jembarwangi dapat dilihat pada gambar 2. Diagram *use case* terdiri dari aktor dan *use case* serta garis penghubung sebagai relasi (asosiasi) baik antar aktor dengan *use case* maupun antar *use case* dengan *use case*. Aktor sebagai pelaku yang nantinya mengakses fungsi pada Sistem Informasi Desa Jembarwangi adalah: 1) Pengguna, yaitu siapa saja yang berkunjung ke website. 2) Admin sistem, yaitu orang yang nantinya akan diberi tugas khusus dalam mengelola isi *website* ini sehingga *website* benar-benar memberikan informasi terkini mengenai Desa Jembarwangi.

Sedangkan *use case* yang dibuat berdasarkan kebutuhan fungsional adalah sebagai berikut: 1) Mengenal Desa, merupakan fungsi yang memberikan informasi mengenai Visi & Misi Desa, Sejarah Desa, Struktur Organisasi Desa, dan Demografi. 2) Regulasi, merupakan informasi yang dapat diketahui oleh masyarakat mengenai Dasar Hukum, Perda (Peraturan Daerah), dan Perbup (Peraturan Bupati). 3) Kegiatan Desa, merupakan informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang telah dilakukan oleh Desa Jembarwangi.



Gambar 2. Diagram *Use case* Sistem Informasi Desa Jembarwangi

4) Informasi Agenda, merupakan informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan oleh Desa Jembarwangi. 5) Mengenal Potensi, merupakan fungsi untuk mengetahui potensi-potensi yang dimiliki oleh Desa Jembarwangi. 6) Koleksi Galeri, merupakan fungsi untuk menampilkan dokumentasi dalam bentuk foto maupun video mengenai aktivitas, potensi, dan hal-hal lainnya yang layak ditampilkan untuk umum. 7) Pengaturan, merupakan fungsi yang digunakan oleh admin sistem untuk pengelolaan potensi, dokumen, jenjang pendidikan, dan jenis pekerjaan. Fungsi ini merupakan fungsi yang harus ada terlebih dahulu untuk dilihat oleh pengunjung pada fungsi regulasi dan koleksi galeri. 8) Pengelolaan Administratif, merupakan fungsi yang digunakan oleh admin sistem dalam pengelolaan data internal sistem mengenai daftar pegawai desa, agenda kegiatan, notulen rapat, arsip dokumen/surat, mitra kerjasama, potensi desa, dan populasi. Fungsi ini menjadi rujukan buat fungsi regulasi dan agenda desa pada fungsi *front end*. 9) Pengelolaan Web, merupakan fungsi yang digunakan oleh admin sistem untuk mengelola identitas web seperti alamat & kontak, profil, kegiatan, link sosmed, daftar keyword, himbauan/ pengumuman. Fungsi ini nantinya menjadi acuan untuk fungsi mengenal desa dan kegiatan desa pada bagian *front end*. 10) Pengelolaan Pesan Tamu, merupakan fungsi acuan bagi tampilnya fungsi informasi kontak pada *interface front end*. Berikut ini adalah tampilan prototipe yang sudah dibangun berdasarkan konsep sistem agility pada pendekatan pemecahan masalah di atas. Sistem terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *Front End* yang merupakan *inteface* yang dipergunakan untuk para pengunjung website, dan bagian *Back End* yang merupakan *interface* yang digunakan untuk admin sistem:



Gambar 3. User Interface Front End



Gambar 4. Struktur menu interface back end

Pembahasan

Berdasarkan rancangan yang sudah dijelaskan di atas, dalam implementasinya, pengembangan sistem menggunakan MariaDB versi 10 sebagai *database manajemen system* (DBMS), yang dikenal handal dan ringan untuk kebutuhan manajemen data. PHP versi 8.2 dipilih sebagai bahasa pemrograman web karena memiliki performa tinggi, dukungan fitur terkini, serta kompatibilitas yang luas. Selain itu, website ini dibangun dengan menerapkan konsep HMVC (*Hierarchical Model-View-Controller*) *framework*, yang memungkinkan pengembangan sistem yang modular, terstruktur, dan mudah untuk dikembangkan lebih lanjut. Konsep HMVC memberikan fleksibilitas pada proses integrasi antar modul, sehingga pengembangan *website* dapat dilakukan dengan efisien dan terorganisir. Dalam implementasi fitur yang dirancang, hasil FGD dan survei juga memainkan peran penting dalam memastikan sistem sesuai

dengan kebutuhan pengguna. Misalnya, preferensi terhadap antarmuka yang responsif dan mudah digunakan mendorong pengembang untuk menerapkan prinsip desain *mobile-first* pada bagian *front-end*. Selain itu, fitur "Pengelolaan Administratif" dirancang secara modular menggunakan konsep HMVC untuk mempermudah pembaruan informasi terkait potensi desa, sesuai dengan masukan perangkat desa yang disampaikan dalam FGD. Hal ini dapat diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Ringkasan Temuan FGD dan Survei

Masukan Utama	Tindakan yang Diambil
Kesulitan mengelola dokumen	Menambahkan fitur “Pengelolaan Administratif”
Preferensi antarmuka sederhana	Desain responsif untuk perangkat seluler
Kebutuhan pembaharuan data cepat	Menggunakan modul “Pengaturan” berbasis HMVC

D. PENUTUP

Penelitian ini bertujuan membangun media informasi desa berbasis web yang berfokus pada potensi lokal, baik Sumber Daya Manusia (SDM) maupun Sumber Daya Alam (SDA) di Desa Jembarwangi.

Sistem yang dirancang memiliki sepuluh fungsi yaitu Mengenal Desa, Regulasi, Kegiatan Desa, Informasi Agenda, Mengenal Potensi, Koleksi Galeri, Pengaturan oleh admin sistem, Pengelolaan Administratif, Pengelolaan Web, dan Pengelolaan Pesan Tamu.

Implementasi pengembangan sistem menggunakan MariaDB versi 10 sebagai *database manajemen system* (DBMS), PHP versi 8.2 sebagai bahasa pemrograman web, dan dibangun dengan menerapkan konsep HMVC (*Hierarchical Model-View-*

Controller) *framework* menggunakan metode pengembangan aplikasi prototyping.

Pengembangan kedepan, web desa dapat ditambahkan fitur pengurusan surat-surat pengantar yang dibutuhkan warga dan fitur forum komunitas warga.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Adha, R., Permatasari, N. T., Anwar, S., Pratama, F. N., Ramdani, M., & Gandi, L. V. (2025). Pelatihan dan Pengenalan Sistem Informasi Desa (SID) Berbasis Web (OpenSID) Desa Kebonratu, Lebak Wangi, Kabupaten Serang. *JPWS: Jurnal Pengabdian West Science*, 4(2), 237–241. <https://doi.org/10.58812/jpws.v4i02.1874>
- Aidin, M. (2025). Transformasi Digital Administrasi Desa Melalui Sistem Informasi Desa: Kajian Pustaka Tentang Faktor Pendukung Dan Penghambat. *NJMS: Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, 2(8), 1661–1674. <https://jurnal.intekom.id/index.php/njms/article/view/1158>
- Anam, M. S., Taufiqurrochman, A. M., Ardiansyah, F., Rahman, N. F., Robbi, I. A., Syaifuddin, N., & Pramana, A. L. (2025). Implementasi Sistem Informasi Desa Berbasis Website Untuk Promosi Potensi Desa dan Sarana Publikasi Informasi. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Masyarakat (KOPEMAS)*, 633–642. <https://new-conference.unisma.ac.id/index.php/KOPEMAS/article/view/1904>
- Auliya, A. S., Ariyani, L., & Putri, L. D. M. (2025). Problematika Sistem Informasi Desa Dalam Keterbukaan Informasi Publik. *JIASK: Jurnal Ilmu Administrasi Dan Studi Kebijakan*, 8(1), 31–56. <https://doi.org/10.48093/jiask.v8i1.327>
- Fikri, R., Amrillah, M. F., Selwa, H., & Rivai, D. A. (2021). Efektivitas Penerapan Sistem Informasi Desa Berbasis Website Di Desa Pedekik Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 4(2), 282–290. <https://doi.org/10.31539/intecom.v4i2.3154>
- Is'adi, M., Bagus K, A., Arif I, A., Lailatul W, I., Faiqotus S, E., Wahyuningsih, R., Nur A, S., Nurulila S, N., Masturia, I., Budiarti, N., Hatus S, N., Mutasyarrofah, Dwi I, K., Zakiyah, H., Bariroh, W., & Nabila S, S. (2026). Pengembangan Website Desa Untuk Meningkatkan Transparansi dan Akses Informasi Publik. *AKM: Aksi Kepada Masyarakat*, 6(2), 831–844. <https://doi.org/10.36908/akm.v6i2.1580>
- Karimullah, A., Maulany, R. R., & Amiruddin, M. (2022). Problematika Penerapan Sistem Informasi Desa (SID) di Indonesia. *Ma'mal: Jurnal Laboratorium Syariah Dan Hukum*, 3(4), 335–351. <https://doi.org/10.15642/mal.v3i4.134>
- Manullang, A. S. B., Setiawati, R., & Syeftiani, T. (2026). Efektivitas Penerapan Sistem Informasi Desa di Desa Delima Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Tanjung Jabung Barat Jambi. *JUMBIDTER: Jurnal Manajemen Bisnis Digital Terkini*, 3(1), 26–37. <https://doi.org/10.61132/jumbidter.v3i1.1121>
- Ningsih, W., & Nurfauziah, H. (2023). Perbandingan Model Waterfall Dan Metode Prototype Untuk Pengembangan Aplikasi Pada Sistem Informasi. *Jurnal Ilmiah Metadata*, 5(1), 83–95. <https://doi.org/10.47652/metadata.v5i1.311>

- Pramana, I. G. A., Sulastri, N. L. P., & Wicaksan, I. K. A. (2025). Implementasi Sistem Informasi Desa untuk Meningkatkan Transparansi dan Pelayanan Publik di Desa Tertinggal. *Journal of Community Action*, 1(2), 35–41.
<https://doi.org/10.70716/joca.v1i2.113>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). New York: Mc Graw Hill.
- Prihartono, W., Wijaya, Y. A., Wicaksana, A. H., & Amelia, A. (2023). Digitalisasi Administrasi Desa Melalui Pelatihan Pengelolaan Data Berbasis Sistem Informasi. *AMMA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(4), 542–551.
<https://journal.mediapublikasi.id/index.php/amma/article/view/5220>
- Ridho, M. (2024). Penerapan Teknologi Informasi untuk Mendorong Kemandirian Desa di Era Digital. *Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika*, 2(6), 150–158.
<https://doi.org/10.61132/mercurius.v2i6.450>
- Sandika, I., Aini, S., Simbolon, Y. K., & Hadiningrum, S. (2024). Analisis Sistem Pemerintah Desa Di Indonesia. *Terang: Jurnal Kajian Ilmu Sosial, Politik Dan Hukum*, 1(1), 212–223.
<https://doi.org/10.62383/terang.v1i1.89>
- Suhardi, Hasfani, H., Ruslianto, I., Hidayati, R., Suhery, C., Rismawan, T., Midyanti, D. M., Bahri, S., Nirmala, I., Ristian, U., Kasliono, Sari, K., & Muhardi, H. (2025). Pengembangan dan Sosialisasi Website Sistem Informasi Desa Punggur Kecil Sebagai Media Informasi Desa. *ABDI: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 7(3), 840–846.
<https://doi.org/10.24036/abdi.v7i3.1279>
- Umami, I. M., Habibie, D. K., & Putr, R. A. (2024). Pemberdayaan Masyarakat Desa Melalui Pengembangan Potensi Lokal di Desa Kesumbo Ampai. *JPkMN: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(4), 6352–6359.
<https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i4.4593>
- Supiyandi, Rizal, C., & Fachri, B. (2023). Implementasi Model Prototyping Dalam Perancangan Sistem Informasi Desa. *Resolusi: Rekayasa Teknik Informatika Dan Informasi*, 3(3), 78–83.
<https://doi.org/10.30865/resolusi.v3i3.611>
- Sujianto, Adianto, As'ari, H., Gusliana HB,

INTEGRASI *BUSINESS INTELLIGENCE* DAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA: TINJAUAN SISTEMATIS BERBASIS PRISMA

Heni Lestari¹⁾, Wargijono Utomo²⁾

^{1,2}Prodi Magister Manajemen Teknologi, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana

Correspondence author: H Lestari, heni.lestari2470@gmail.com, Jakarta, Indonesia

Abstract

Indonesia faces a waste management crisis, with only 39% of waste managed properly. This study aims to identify gaps in the integration of Business Intelligence (BI) and Artificial Intelligence (AI) in waste management in Indonesia. This study employed a Systematic Literature Review (SLR) using the PRISMA protocol for 20 scientific articles that met the inclusion criteria for the 2020–2025 period. The results indicate the absence of an integrated BI-AI model, persistent data fragmentation, and a lack of studies on the socio-economic impact of waste management. A future research agenda is proposed for adaptive systems tailored to the Indonesian context.

Keywords : *Business Intelligence, Artificial Intelligence, waste management*

Abstrak

Indonesia menghadapi krisis pengelolaan sampah dengan hanya 39% sampah dikelola secara layak. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kesenjangan integrasi *Business Intelligence* (BI) dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pengelolaan sampah di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) menggunakan protokol PRISMA terhadap 20 artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi pada periode 2020–2025. Hasil penelitian menunjukkan belum adanya model terintegrasi antara BI dan AI, masih adanya fragmentasi data, serta minimnya studi dampak sosial-ekonomi pengelolaan sampah. Agenda riset masa depan diusulkan untuk sistem adaptif yang sesuai konteks Indonesia.

Kata Kunci : *Business Intelligence, Artificial Intelligence, pengelolaan sampah*

A. PENDAHULUAN

Indonesia menghadapi permasalahan serius dalam pengelolaan sampah, di mana timbunan sampah nasional mencapai 56,63 juta ton pada tahun 2023, namun hanya 39,01% atau sekitar 22,09 juta ton yang dikelola secara layak, sementara sisanya

mayoritas dibuang ke TPA terbuka (*open dumping*) yang mencemari lingkungan. Data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup menegaskan ketidakefisienan infrastruktur pengolahan ini, yang memperburuk dampak ekologis dan kesehatan masyarakat. Selain itu,

sampah plastik menyumbang porsi signifikan, dengan proyeksi mencapai 9,9 juta ton atau 13,98% dari total sampah nasional pada 2024, sebagaimana dianalisis dalam penelitian jurnal *Aktivisme* yang mengutip data KLHK dan *Jambeck Research Group* (Sasmita Nugroho, 2025). Data sistem informasi pengelolaan sampah nasional (SIPSN) pada 2023 menunjukkan ada 306 dari total 550 TPA di Indonesia yang masih menerapkan *open dumping*. Jumlah TPA bermasalah itu menangani 12,37 juta ton sampah per tahun (Hasyim, 2025).



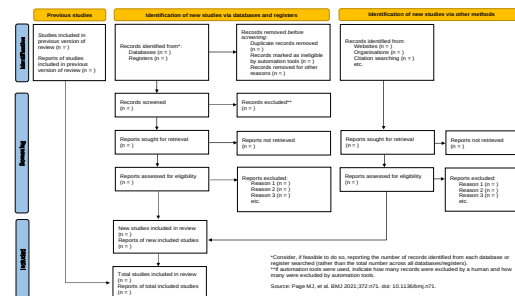
Gambar 1. Timbunan Sampah Indonesia

Potensi *Business Intelligence* (BI) dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam sektor lingkungan, khususnya pada *smart waste management* dan *circular economy*, sangatlah besar dan telah mulai terbukti di berbagai belahan dunia. AI menawarkan inovasi revolusioner melalui otomatisasi, analitik prediktif, dan AI generatif yang dapat meningkatkan pemilahan, daur ulang, serta pemulihan material (Snoun et al., 2025).

Namun, implementasi tersebut masih terbatas pada skala pilot atau proyek terisolasi. Tantangan utama yang dihadapi meliputi keterbatasan infrastruktur digital, tingginya biaya implementasi, fragmentasi sistem data, kurangnya kesadaran publik, serta belum adanya kebijakan yang mendukung secara komprehensif. Akibatnya, potensi BI dan AI untuk menciptakan sistem pengelolaan Sampah yang terintegrasi dan berbasis data masih belum tergarap secara optimal di Indonesia,

Perlunya identifikasi *research gap* (kesenjangan penelitian) menjadi langkah krusial untuk menghindari duplikasi studi dan memetakan arah riset masa depan yang lebih terarah. Beberapa penelitian telah mulai mengkaji potensi AI dan IoT dalam pengelolaan sampah di Indonesia, namun sebagian besar masih bersifat eksploratif atau tinjauan umum (Fuqaha & Nursetiawan, 2025).

Untuk menjawab kebutuhan identifikasi kesenjangan penelitian yang terstruktur dan komprehensif, metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis*). PRISMA juga mewajibkan penyertaan diagram alir empat tahap: *identification* (identifikasi catatan dari database), *screening* (penyaringan berdasarkan judul dan abstrak), *eligibility* (penilaian kelayakan berdasarkan teks lengkap), dan *included* (studi yang akhirnya dimasukkan dalam sintesis).



Gambar 2. PRISMA 2020 Flow Diagram

Dari latar belakang tersebut Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kesenjangan integrasi *Business Intelligence* (BI) dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pengelolaan sampah di Indonesia menggunakan protokol PRISMA. Hasil kajian diharapkan dapat menjadi masukan dalam pemanfaatan teknologi BI dan AI untuk membantu dalam pengelolaan sampah yang lebih baik.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) sebagai pendekatan utama untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis literatur yang relevan mengenai integrasi *Business Intelligence* (BI) dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pengelolaan Sampah di Indonesia. SLR dipilih karena kemampuannya untuk menyediakan sintesis yang transparan, terstruktur, dan dapat direproduksi, berbeda dengan *traditional narrative review* yang cenderung subjektif dan tidak memiliki protokol pencarian yang eksplisit.

Pertanyaan penelitian dalam SLR ini dirumuskan menggunakan kerangka PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*) yang merupakan perluasan dari kerangka PICO klasik dengan menambahkan elemen konteks. Berdasarkan kerangka PICOC, penelitian ini menetapkan:

1. *Population* sebagai sistem dan teknologi pengelolaan Sampah di berbagai tingkatan (rumah tangga, kota, nasional);
2. *Intervention* sebagai integrasi BI dan AI dalam berbagai bentuknya, termasuk *Dashboard* BI, model *Machine Learning*, *computer vision*, dan algoritma optimasi
3. *Comparison* tidak diperlukan karena SLR tidak membandingkan intervensi secara eksperimental
4. *Outcome* berupa identifikasi *research gap* dan rumusan agenda riset masa depan

5. *Context* yang difokuskan pada Indonesia, mengingat karakteristik sampah, infrastruktur, regulasi, dan kondisi sosial-ekonomi yang spesifik di negara ini.

Dengan menggunakan PICOC, pertanyaan penelitian utama yang diajukan adalah apa saja kesenjangan penelitian (*research gaps*) yang teridentifikasi dalam literatur mengenai integrasi *Business Intelligence* dan *Artificial Intelligence* untuk pengelolaan Sampah di Indonesia.

Pencarian literatur dilakukan pada empat basis data utama yang mencakup literatur internasional dan nasional: Scopus, Web of Science (WoS), Google Scholar, dan Garuda (Portal Jurnal Nasional). Kata kunci pencarian disusun menggunakan operator Boolean untuk menggabungkan konsep-konsep kunci secara efektif. Strategi pencarian utama menggunakan kombinasi: ("*Business Intelligence*" OR "*BI*" OR "*analytics*" OR "*Dashboard*") AND ("*Artificial Intelligence*" OR "*AI*" OR "*Machine Learning*" OR "*Deep Learning*" OR "*computer vision*") AND ("*waste management*" OR "*solid waste*" OR "*Sampah*" OR "*sampah*") AND ("*Indonesia*" OR "*Indonesian*"). Pencarian dibatasi pada rentang waktu lima tahun terakhir (2020–2025).

Kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan secara eksplisit sebelum proses seleksi dimulai untuk memastikan objektivitas dan reproduktibilitas. Kriteria ini berfungsi sebagai "filter" yang sistematis untuk menentukan studi mana yang layak dimasukkan ke dalam sintesis akhir. Berikut adalah tabel kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Topik	Membahas minimal salah satu dari BI atau AI dalam konteks pengelolaan Sampah (padat, rumah tangga, perkotaan, medis)	Hanya membahas aspek non-teknologi (sosial murni, kebijakan tanpa unsur teknologi)

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Konteks	Studi kasus berlokasi di Indonesia, atau mencakup Indonesia sebagai bagian dari analisis, atau memiliki implikasi langsung untuk Indonesia	Studi di luar Indonesia tanpa implikasi yang jelas untuk konteks Indonesia
Jenis Dokumen	Artikel jurnal terindeks (Scopus, WoS, SINTA), proceeding konferensi bereputasi terindeks), serta artikel jurnal nasional terakreditasi (SINTA)	Buku teks, laporan teknis, opini editorial, artikel opini, tesis/skripsi (kecuali digunakan sebagai pelengkap), serta artikel dari jurnal yang tidak memiliki proses peer-review
Metodologi	Studi empiris (kuantitatif, kualitatif, atau mixed-methods) atau studi konseptual dengan kerangka yang jelas dan terdefinisi dengan baik.	Abstrak saja (tanpa teks lengkap), studi yang tidak memiliki metodologi yang jelas, atau studi yang hanya berupa usulan/proposal tanpa implementasi atau evaluasi
Ketersediaan	Teks lengkap dapat diakses melalui langganan institusi atau akses terbuka	Tidak dapat diakses setelah permintaan melalui perpustakaan atau layanan antar pustaka

Proses seleksi studi dalam SLR ini mengikuti diagram alir PRISMA 2020 dengan empat tahap utama: identifikasi, *screening*, *eligibility*, dan *included*. Pada identifikasi, pencarian awal di Scopus, WoS, Google Scholar, dan Garuda menggunakan strategi Boolean, mencatat jumlah catatan per basis data. Pada *screening*, peneliti menyaring judul dan abstrak setelah penghapusan duplikat untuk meminimalkan bias subjektif. Pada tahap *eligibility*, teks lengkap artikel yang lolos diakses dan dievaluasi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil seleksi disajikan dalam diagram alir PRISMA 2020 yang mencakup jumlah catatan di setiap tahap ($n = \dots$) dan alasan pengeluaran. Ekstraksi data dilakukan secara terstruktur untuk konsistensi dan kelengkapan, mencakup: informasi bibliografis, tujuan penelitian, metode BI/AI, jenis sampah, lokasi studi,

temuan utama, keterbatasan yang diakui penulis, dan kesenjangan penelitian dari perspektif peneliti.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses seleksi dilakukan berdasarkan diagram alir PRISMA 2020, artikel yang teridentifikasi melalui pencarian awal di basis data Scopus, Google Scholar, Garuda, dan IEEE Xplore, sebanyak 20 artikel dinyatakan memenuhi seluruh kriteria inklusi dan kualitas yang ditetapkan.

Distribusi tahun publikasi menunjukkan peningkatan yang signifikan pada periode 2020–2025, mengindikasikan bahwa integrasi BI dan AI dalam pengelolaan sampah merupakan topik yang semakin mendapat perhatian di Indonesia dalam lima tahun terakhir.

Tabel 2. Penelitian tentang BI, AI dan pengelolaan sampah sebelumnya

No.	Judul Artikel	Fokus Pengembangan Sistem	Tools/Metode yang Digunakan
1	<i>Development of an integrated waste management information system to support sustainable development</i> (Amali et al., 2024)	dikembangkan dengan metode prototipe (tahap komunikasi, perencanaan cepat, pemodelan, desain cepat, konstruksi prototipe, <i>deployment, feedback</i>)	model sirkular yang mengintegrasikan <i>IoT smart bin, semantic web, gamification</i>
2	Pengembangan <i>Dashboard</i> Pengelolaan Sampah Berbasis Komposisi di TPA (Syakira et al., 2025)	Pengembangan <i>Dashboard</i> interaktif Power BI untuk visualisasi data pengelolaan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).	<i>Tools</i> : Microsoft Power BI, Excel (Sumber data: SIPSN)



No.	Judul Artikel	Fokus Pengembangan Sistem	Tools/Metode yang Digunakan
3	Implementasi <i>Dashboard</i> untuk Monitoring Sampah Terpilah di Bank Sampah Asri Depok (Pratiwi, 2025)	Pembangunan <i>Dashboard</i> Power BI untuk monitoring dan pencatatan sampah terpilah secara sistematis di bank sampah.	Metode: <i>Business Intelligence Roadmap</i> (BIR); Tools: Power BI
4	<i>Dashboard</i> Pemetaan <i>Hotspot</i> Sampah Laut (tidak disebutkan) (Pratiwi, 2025)	Pembangunan aplikasi <i>Dashboard</i> untuk memetakan <i>hotspot</i> sampah laut di Indonesia guna mendukung monitoring.	Tools: Microsoft Power BI
5	Pembangunan <i>Dashboard</i> Operasional Bank Sampah Bersinar (Fitri et al., 2023)	Pembangunan website <i>Dashboard</i> untuk monitoring target dan laporan operasional bank sampah menggunakan metode <i>Extreme Programming</i> .	Tools: Framework Laravel (PHP)
6	Penerapan CNN MobileNetV2 untuk Klasifikasi Enam Jenis Sampah (Wahyudi, 2025)	Pengembangan sistem klasifikasi gambar sampah otomatis untuk membantu proses pemilahan dengan arsitektur <i>Deep Learning</i> .	Metode: <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> , Arsitektur MobileNetV2
7	Implementasi Sistem Terintegrasi <i>Deep Learning</i> dan <i>Firebase</i> untuk Klasifikasi Sampah dan Kontrol Otomatis (Putra, 2025)	Pengembangan sistem SMARTBIN, sebuah tempat sampah pintar berbasis <i>IoT</i> dan AI untuk pemilahan sampah organik dan anorganik secara otomatis.	Metode: <i>Deep Learning</i> ; Tools: <i>Firebase</i> , <i>IoT</i>
8	Sistem Deteksi Limbah Plastik Berbasis Web dengan Metode CNN di Politeknik Negeri Bali (Wibawa, 2025)	Pengembangan aplikasi berbasis web untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis limbah plastik secara otomatis.	Metode: <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>
9	Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kecamatan Ampenan (Septiawan, 2025)	Pengembangan rute optimal pengangkutan sampah dengan merepresentasikannya sebagai <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i> .	Metode: Kombinasi Algoritma Genetika dan <i>Tabu Search</i> , <i>Constrained K-Means Clustering</i>
10	Penerapan CVRP untuk Menentukan Rute Optimal Kendaraan Pengangkut Sampah di Kab. Sidoarjo (Chitam, 2025)	Penerapan <i>Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)</i> dengan Algoritma Genetika untuk optimasi rute pengangkutan sampah.	Metode: Algoritma Genetika; Tools: <i>Excel add-in GeneHunter</i>
11	Prediksi Volume Penimbunan Sampah di Kabupaten Probolinggo (Septiani, 2025)	Pengembangan model prediksi volume sampah harian menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) <i>Backpropagation</i> .	Metode: <i>Backpropagation Neural Network</i> ; Teknik: <i>Hyperparameter Tuning Grid Search</i>
12	Implementasi Algoritma <i>Long Short Term Memory (LSTM)</i> untuk Memprediksi Volume Sampah (Manikari et al., 2024)	Implementasi algoritma LSTM untuk memprediksi volume sampah sebagai antisipasi lonjakan di TPA.	Metode: <i>Long Short Term Memory (LSTM)</i>
13	<i>Implementation of Convolutional Neural Network in image-based waste classification</i> (A'yun et al., 2025)	Pengujian model CNN untuk klasifikasi sampah berbasis gambar dua kelas (kertas dan plastik) dengan skenario berbeda.	CNN, metode klasifikasi <i>threshold vs one-hot encoding</i> , augmentasi gambar
14	Sistem Deteksi Sampah Daur Ulang Menggunakan Algoritma <i>Convolutional Neural Networks</i> Dengan Metode <i>Transfer Learning</i> (Rakasiwi, 2025)	Pengujian model pendeteksi sampah daur ulang otomatis dengan transfer learning untuk optimalisasi model CNN.	CNN, <i>transfer learning</i>
15	Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kecamatan Ampenan Menggunakan Kombinasi	Pengujian kombinasi algoritma untuk menyelesaikan <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i> pada	Algoritma Genetika, <i>Tabu Search</i> , <i>Constrained K-Means Clustering</i> , <i>TSP</i>

No.	Judul Artikel	Fokus Pengembangan Sistem	Tools/Metode yang Digunakan
	Algoritma Genetika dan <i>Tabu Search</i> (Septiawan, 2025)	pengangkutan sampah.	
16	Prediksi volume penimbunan sampah di Kabupaten Probolinggo menggunakan algoritma back propagation (Septiani, 2025)	Pengujian model prediksi volume sampah harian dengan <i>hyperparameter tuning</i> untuk meningkatkan akurasi.	<i>Backpropagation Neural Network</i> , <i>Grid Search</i> , <i>hyperparameter tuning</i> (learning rate, momentum, jumlah neuron)
17	Perbandingan Metode Regresi Linier dan <i>Single Moving Average</i> dalam Peramalan Timbunan Sampah di Kota Malang (Royinda & Pamuji, 2025)	Pengujian komparatif dua metode peramalan dengan data timbunan sampah terbatas (2019–2023) untuk menemukan model optimal.	Regresi Linier, <i>Single Moving Average</i> , <i>RapidMiner</i> untuk optimasi regresi linier
18	Pembangunan <i>Dashboard</i> Operasional pada Sistem Informasi Pengelolaan Bank Sampah Menggunakan Metode <i>Extreme Programming</i> (Fitri et al., 2023)	Bank Sampah Bersinar, Jawa Barat (melayani Kota Bandung, Kab. Bandung, Kab. Bandung Barat, Kota Cimahi)	Pembangunan website <i>Dashboard</i> admin untuk monitoring target dan laporan, terintegrasi dengan petugas angkut dan nasabah. Diimplementasikan dengan framework Laravel. Hasil User Acceptance Test (UAT) sebesar 90,67%, menunjukkan <i>Dashboard</i> dapat diterima oleh tim internal Bank Sampah Bersinar
19	Implementasi <i>Deep Learning</i> Untuk Image Classification Menggunakan Arsitektur <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> Pada Citra Sampah Hotel	Hotel Lombok Raya, Kota Mataram, NTB (Destinasi wisata super prioritas Mandalika)	Implementasi arsitektur VGG16 yang dimodifikasi untuk klasifikasi sampah hotel ke dalam 3 kelas: organik, anorganik, dan B3. Total dataset 1.300 citra. Akurasi model terbaik mencapai 97% dengan presisi 98%.
20	<i>Framework of Smart and Integrated Household Waste Management System: A Systematic Literature Review Using PRISMA</i> (Wirani et al., 2024)	mengembangkan kerangka kerja sistem pengelolaan sampah rumah tangga yang cerdas dan terintegrasi. Hasil SLR mengidentifikasi lima dimensi utama yang menjadi fondasi kerangka tersebut.	Metode: SLR menggunakan protokol PRISMA. Hasil kajian telah divalidasi oleh para ahli dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Republik Indonesia

Dari 20 artikel yang terinklusi, rincian berdasarkan metodologi penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Rincian rincian berdasarkan metodologi penelitian

Jenis Metodologi	Jumlah Artikel	Persentase
Pengembangan Sistem / Prototyping	12	60%
Studi Eksperimental (Pengujian Model)	5	25%
Studi Kasus / Implementasi	2	10%
<i>Systematic Literature Review</i>	1	5%

Berdasarkan tabel 3 tersebut dari 20 artikel jurnal mayoritas artikel (60%)

berfokus pada pengembangan dan perancangan sistem, yang menunjukkan bahwa penelitian di bidang ini masih berada pada tahap eksplorasi teknis dan pengembangan prototipe.

Tabel 4. Distribusi Berdasarkan Domain Pengelolaan Sampah

Domain Fokus	Jumlah Artikel	Persentase
Klasifikasi & Deteksi Jenis Sampah	8	40%
<i>Dashboard</i> & Visualisasi Data	5	25%
Optimasi Rute Pengangkutan	3	15%
Prediksi Volume Sampah	2	10%
Sistem Terintegrasi	2	10%

Domain Fokus	Jumlah Artikel	Persentase
(IoT+AI+BI)		

RQ1: Kontribusi dan Temuan Utama Penelitian BI dan AI dalam Pengelolaan Sampah di Indonesia.

Penelitian integrasi BI dan AI dalam pengelolaan sampah di Indonesia berkontribusi pada tiga level utama. pengembangan *computer vision* untuk otomatisasi pemilahan (CNN, MobileNet, YOLO) dengan akurasi tinggi dan deteksi *real-time*; optimasi rute pengangkutan menggunakan algoritma genetika, tabu search, dan IoT serta prediksi volume sampah dengan regresi linear. *Dashboard* Power BI untuk TPA, bank sampah, pemetaan *hotspot* sampah laut yang mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara interaktif. Aplikasi AI (misal Westa) untuk klasifikasi sampah via *smartphone*, peningkatan pendapatan rumah tangga 8-15% (Banjarmasin), serta model ekonomi sirkular oleh startup lokal.

Metode yang paling diadopsi CNN/MobileNet (4 artikel) dan YOLO (3 artikel) untuk klasifikasi/deteksi, Power BI dominan untuk *Dashboard* (4 dari 5 artikel), algoritma optimasi rute meliputi genetika + tabu search, saving matrix+ML (penghematan biaya hingga Rp139 juta/tahun).

Dampak implementasi peningkatan efisiensi operasional (pengurangan jarak dan biaya, akses informasi lebih cepat), pergeseran ke pengambilan keputusan berbasis data, dampak ekonomi positif (pendapatan rumah tangga naik 8-15%, model bisnis sirkular), serta dukungan terhadap keberlanjutan lingkungan melalui IoT/AI untuk pemantauan sungai, ekonomi sirkular, dan pelaporan ESG otomatis.

RQ2 : Metode dan Algoritma BI/AI yang Paling Banyak Diadopsi.

Berdasarkan analisis terhadap delapan artikel di domain klasifikasi dan deteksi

sampah, *Convolutional Neural Network* (CNN) mendominasi sebagai algoritma utama:

Tabel 5. Algoritma AI untuk Klasifikasi dan Deteksi Sampah

Algoritma / Arsitektur	Jumlah Artikel	Contoh Penerapan
CNN / MobileNet	4	Klasifikasi 5 kategori sampah, efisiensi komputasi tinggi
YOLO (v7, v8, v11, v12)	3	Deteksi <i>real-time</i> , identifikasi multi-objek
EfficientNet (B0, B1)	2	Klasifikasi sampah organik vs anorganik
Vision Transformer	1	Metode modern adaptasi dari NLP
SSD MobileNetV2	1	Deteksi di industri daur ulang berbasis website

1. Model *Waste Classification Model Optimization* dengan Modified MobileNetV3 dari ITS mampu mengklasifikasikan lima kategori sampah dengan nilai *loss* sangat rendah.
2. Penelitian perbandingan tiga varian YOLOv8 (nano, small, medium) setelah augmentasi dataset menjadi 3.500 gambar berlabel menunjukkan fleksibilitas arsitektur YOLO untuk berbagai skenario implementasi.
3. Penelitian deteksi sampah rumah tangga dengan YOLOv11s menyoroti pentingnya optimalisasi dataset untuk konteks Indonesia, di mana 50% sampah TPA berasal dari rumah tangga, sehingga model dari data negara maju perlu penyesuaian substansial.
4. Untuk *Dashboard* dan visualisasi, Microsoft Power BI dominan (4 dari 5 artikel), sementara Looker Studio dan Tableau alternatif. *Dashboard* Power BI untuk TPA berfungsi sebagai alat pelaporan sekaligus sistem pendukung keputusan interaktif dengan filter provinsi/kota, periode waktu, dan jenis sampah.

5. *Dashboard* untuk Bank Sampah di Depok membuktikan Power BI dapat diimplementasikan di tingkat komunitas dengan sumber daya terbatas asalkan data terstruktur, temuan penting untuk strategi adopsi BI nasional.
6. Celah penelitian signifikan: belum ada studi yang secara sistematis mengevaluasi dampak *dashboard* terhadap kualitas pengambilan keputusan manajerial di Indonesia.

Tabel 6. Algoritma Optimasi Rute

Algoritma	Kasus Penggunaan
Algoritma Genetika + <i>Tabu Search</i>	Optimasi rute TPA (Ampeanan) dengan representasi <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i>
Algoritma Rute Terpendek (<i>Shortest Path</i>)	Integrasi dengan <i>IoT</i> untuk pengangkutan dinamis (hanya TPS penuh)
<i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	Minimasi biaya bahan bakar (Banjar Tegeh Sari)
Saving Matrix + <i>Machine Learning</i>	Optimasi biaya transportasi (TPS 3R USU) dengan penghematan biaya hingga Rp139 juta per tahun

Salah satu temuan paling signifikan dalam domain ini adalah penelitian yang menggabungkan metode *Saving Matrix* dengan *Machine Learning* Python, yang berhasil mengurangi total biaya operasional hingga mencapai biaya bahan bakar optimal sebesar Rp139.732.713 per tahun. Penghematan dalam skala nominal ini

menunjukkan bahwa investasi dalam teknologi optimasi rute memiliki *Return on Investment (ROI)* yang jelas dan dapat diukur.

RQ3: Dampak Implementasi BI dan AI terhadap Pengelolaan Sampah di Indonesia.

Implementasi BI dan AI di Indonesia berdampak pada empat aspek yaitu efisiensi operasional (optimalisasi rute, *dashboard* percepat laporan, prediksi volume sampah), kualitas keputusan (berbasis data, visualisasi indikator TPA, deteksi *illegal dumping* dengan ML & AI generatif), ekonomi-sosial (peningkatan pendapatan rumah tangga 8-15%, model ekonomi sirkular startup, aplikasi publik Westa), serta keberlanjutan lingkungan (mendukung ekonomi sirkular, pemantauan sungai untuk mitigasi banjir, laporan ESG otomatis seperti *Sampah Watch*).

Berdasarkan hasil analisis, tiga tema utama yang muncul dari penelitian integrasi BI dan AI dalam pengelolaan sampah di Indonesia adalah:

1. Dominasi Pendekatan Teknis (*Technology Lead*)
2. Penelitian cenderung bersifat terfragmentasi
3. Kesenjangan antara Pengembangan dan Evaluasi Dampak

Berdasarkan analisis kritis terhadap 20 artikel, berikut adalah gap penelitian utama yang belum terjawab

Tabel 7. Gap Penelitian yang Teridentifikasi

No.	Nama Gap	Deskripsi Lengkap
Gap 1	Belum adanya arsitektur BI+AI yang terintegrasi secara end-to-end	Mayoritas penelitian hanya fokus pada satu komponen. Belum ada penelitian yang merancang arsitektur lengkap mulai dari data ingestion (melalui <i>IoT</i> atau input manual), data warehousing, AI model serving, hingga BI <i>Dashboard</i> yang interaktif.
Gap 2	Minimnya penelitian tentang tata kelola dan adopsi BI/AI di sektor publik pengelolaan sampah	Sebagian besar penelitian dilakukan dalam skala laboratorium atau proof-of-concept. Belum ada studi yang meneliti faktor-faktor kritis keberhasilan (Critical Success Factors) adopsi BI/AI di dinas lingkungan hidup atau di tingkat kelurahan/kecamatan. Penelitian dengan pendekatan kualitatif seperti studi kasus atau action research sangat diperlukan untuk menjembatani kesenjangan ini.



No.	Nama Gap	Deskripsi Lengkap
Gap 3	Belum adanya standar evaluasi dampak yang terukur dan terintegrasi	Dari 20 artikel yang direview, hanya sedikit yang melaporkan dampak secara kuantitatif. Penghematan biaya dari optimasi rute (misal Rp139 juta per tahun) memberikan indikasi awal bahwa dampak ekonomi signifikan. Namun, tidak ada penelitian yang mengukur dampak terhadap indikator makro seperti diversion rate (tingkat pengalihan sampah dari TPA),
Gap 4	Keterbatasan fokus pada konteks perkotaan besar	Sebagian besar penelitian berlokasi di kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Bandung, Medan, dan Yogyakarta. Konteks pengelolaan sampah di daerah Timur Indonesia, pedesaan, atau wilayah kepulauan terpencil tidak terwakili. Kondisi infrastruktur, ketersediaan data, dan kapasitas SDM di daerah tersebut sangat berbeda, sehingga temuan dari penelitian yang ada mungkin tidak dapat digeneralisasi.
Gap 5	Kesenjangan antara penelitian AI teknis dan kebutuhan pengguna akhir	Penelitian klasifikasi sampah dengan Deep Learning menunjukkan akurasi sangat tinggi, namun belum ada kajian yang secara sistematis menampung kebutuhan aktual petugas kebersihan, pengelola bank sampah, atau masyarakat umum dalam desain antarmuka dan alur kerja sistem. Akurasi tinggi tidak menjamin keberhasilan adopsi jika pengalaman pengguna (user experience) diabaikan.
Gap 6	Kurangnya perhatian pada aspek keberlanjutan finansial model bisnis	Hampir tidak ada penelitian yang mendiskusikan bagaimana sistem BI/AI yang dikembangkan dapat berkelanjutan secara finansial setelah masa penelitian berakhir. Model bisnis untuk solusi teknologi dalam pengelolaan sampah di Indonesia

Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dengan memetakan lanskap integrasi BI dan AI dalam pengelolaan sampah di Indonesia, memperkaya literatur *augmented analytics* di negara berkembang, serta menunjukkan bahwa pendekatan sukses dari negara maju tidak bisa langsung diadopsi tanpa penyesuaian kontekstual substansial. Identifikasi enam gap penelitian memberi peta jalan bagi peneliti selanjutnya ke area yang belum terjawab, mengingat akurasi teknis model AI tidak menjamin.

Petugas kebersihan, pengelola TPA, dan masyarakat harus dilibatkan dalam perancangan agar solusi sesuai kebutuhan dan kapasitas mereka. Startup seperti Containder dan Nusabin menunjukkan ruang besar untuk inovasi lintas sektor yang menggabungkan keahlian teknologi, pengetahuan perilaku masyarakat, dan pemahaman model bisnis ekonomi sirkular. Meskipun mencakup empat basis data utama (Scopus, Google Scholar, Garuda, IEEE Xplore), masih ada kemungkinan artikel relevan tidak terindeks (terutama dari prosiding konferensi lokal yang tidak terdigitalisasi).

Batasan periode 2020–2025 dipilih

untuk menangkap perkembangan terkini, namun penelitian penting sebelum 2020 tidak terinklusi. Penilaian kualitas metodologis menjadi lebih sulit dan berpotensi bias untuk artikel yang tidak melaporkan metodologi secara rinci (misalnya hanya abstrak).

D. PENUTUP

Penelitian ini memetakan integrasi *Business Intelligence* dan *Artificial Intelligence* dalam pengelolaan sampah di Indonesia periode 2020–2025. Dari 20 artikel yang dikaji, terlihat kemajuan teknis pada klasifikasi sampah berbasis CNN dan pengembangan dashboard BI, namun integrasi kedua teknologi dalam sistem utuh masih kurang.

Kesenjangan meliputi minimnya arsitektur terintegrasi, tata kelola, standar evaluasi dampak, serta terbatasnya fokus pada daerah non-perkotaan dan keberlanjutan finansial. Penelitian ke depan perlu mengevaluasi dampak jangka panjang, melibatkan pengguna akhir secara partisipatif, dan memastikan solusi berkelanjutan. SLR ini menjadi peta jalan

dan seruan bertindak bagi pemerintah, praktisi, dan akademisi untuk mewujudkan pengelolaan sampah yang cerdas, terintegrasi, dan berkelanjutan melalui BI dan AI.

E. DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, A. Q., Suhartono, S., & Lestari, T. M. (2025). Implementation of Convolutional Neural Network in Image-Based Waste Classification. *JAIC: Journal of Applied Informatics and Computing*, 9(4), 1778–1784. <https://doi.org/10.30871/jaic.v9i4.9829>
- Amali, L. N., Padiku, I. R., & Hunta, A. M. (2024). Development of an integrated waste management information system to support sustainable development. 6(1), 14–25. <https://doi.org/10.37905/jji.v6i1.24659>
- Chitam, H. (2025). Penerapan CVRP untuk Menentukan Rute Optimal Kendaraan Pengangkut Sampah di Kab. Sidoarjo. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Fitri, A., Anshary, F. M. Al, & Darmawan, I. (2023). Pembangunan Dashboard Operasional pada Sistem Informasi Pengelolaan Bank Sampah Menggunakan Metode Extreme Programming (Studi Kasus Bank Sampah Bersinar). *EProceedings of Engineering*, 10(3), 3231–3238. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/20580>
- Fuqaha, S., & Nursetiawan. (2025). Artificial Intelligence and IoT for Smart Waste Management: Challenges, Opportunities, and Future Directions. *FAITH: Journal of Future Artificial Intelligence and Technologies*, 2(1), 24–46. <https://doi.org/10.62411/faith.3048-3719-85>
- Hasyim, I. (2025). *Persiapan Menteri Hanif Faisol Tangani Sisa 306 TPA yang Masih Pakai Open Dumping*. TEmpo.Co Jakarta.
- Manikari, S. L., Astuti, R., Basysyar, F. M., & Agusbaciari. (2024). Implementasi Algoritma Long Short Term Memory (LSTM) Untuk Memperediksi Volume Sampah. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(3), 2877–2883. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9598>
- Pratiwi, R. (2025). Implementasi Dashboard untuk Monitoring Sampah Terpilah di Bank Sampah Asri Depok. Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri.
- Putra, Y. P. (2025). Implementasi sistem terintegrasi deep learning dan firebase untuk klasifikasi sampah dan kontrol otomatis. 3, 449–457.
- Rakasiwi, G. (2025). Sistem Deteksi Sampah Daur Ulang Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Networks Dengan Metode Transfer Learning. Universitas Nasional (UNAS).
- Royinda, A., & Pamuji, F. Y. (2025). Perbandingan Metode Regresi Linier dan Single Moving Average dalam Peramalan Timbunan Sampah di Kota Malang. *Jurnal Informatika Polinema*, 11(3), 299–304. <https://doi.org/10.33795/jip.v11i3.7017>
- Sasmita Nugroho, S. E. (2025). *KLH-BPLH Tegaskan Arah Baru Menuju Indonesia Bebas Sampah 2029 dalam Rakornas Pengelolaan Sampah 2025*. KLH-BPLH.
- Septiani, I. K. (2025). *Prediksi volume penimbunan sampah di Kabupaten Probolinggo menggunakan algoritma back propagation*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Septiawan, R. D. (2025). *Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kecamatan*

Ampenan. Universitas Mataram.

- Snoun, A., Mufida, M. K., & El-cadi, A. A. (2025). AI-Driven Innovations in Waste Management: Catalyzing the Circular Economy †. *Engineering Proceedings*, 97(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/engproc2025097012>
- Syakira, R., Beny, B., & Husaein, A. (2025). Pengembangan Dashboard Pengelolaan Sampah Berbasis Komposisi Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). *JAKAKOM: Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 5(1), 1455–1464. <https://doi.org/10.33998/jakakom.2025.5.1.2277>
- Wahyudi, T. (2025). *Penerapan CNN MobileNetV2 untuk Klasifikasi Enam Jenis Sampah*. Universitas Gunadarma.
- Wibawa, I. P. G. C. (2025). *Sistem Deteksi Limbah Plastik Berbasis Web dengan Metode CNN di Politeknik Negeri Bali*. Politeknik Negeri Bali.
- Wirani, Y., Eitiveni, I., & Sucahyo, Y. G. (2024). Framework of Smart and Integrated Household Waste Management System: A Systematic Literature Review Using PRISMA. *Sustainability*, 16(12), 4898. <https://doi.org/10.3390/su16124898>

EVOLUSI PENDEKATAN *DEEP LEARNING* BERBASIS *ATTENTION MECHANISM* PADA PENINGKATAN RESOLUSI CITRA: TINJAUAN KOMPREHENSIF

Dezein Hibatullah¹⁾, Ruli Susanti²⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka

Correspondence author: D Hibatullah, dezainhibaa@gmail.com, Majalengka, Indonesia

Abstract

This study presents a Systematic Literature Review (SLR) on the development of attention-based deep learning methods for Single Image Super-Resolution (SISR) for the period 2022–2026. Using the PRISMA 2020 framework, 53 articles were selected from 1,116 identified articles from Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, and SpringerLink. The study results show that hybrid CNN-Transformer architectures with attention mechanisms dominate the current trend, with channel attention being the most widely used (71.7%). Application domains include medical imaging, remote sensing, surveillance, multimedia, and industry. Key challenges identified include model complexity, limited generalization, and the trade-off between reconstruction quality and inference efficiency. This study provides a comprehensive roadmap for developing more adaptive and efficient attention-based SISR systems.

Keywords : *single image super-resolution, attention mechanism, deep learning*

Abstrak

Penelitian ini menyajikan *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap perkembangan metode *deep learning* berbasis *attention mechanism* untuk *Single Image Super-Resolution* (SISR) pada periode 2022–2026. Menggunakan kerangka PRISMA 2020, sebanyak 53 artikel dipilih dari 1.116 artikel teridentifikasi dari Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan SpringerLink. Hasil kajian menunjukkan bahwa arsitektur hibrida CNN-Transformer dengan *attention mechanism* mendominasi tren terkini, dengan *channel attention* sebagai jenis yang paling banyak digunakan (71,7%). Domain aplikasi mencakup pencitraan medis, penginderaan jauh, *surveillance*, multimedia, dan industri. Tantangan utama yang teridentifikasi meliputi kompleksitas model, keterbatasan generalisasi, dan *trade-off* antara kualitas rekonstruksi dan efisiensi inferensi. Penelitian ini memberikan peta jalan komprehensif bagi pengembangan sistem SISR berbasis *attention* yang lebih adaptif dan efisien.

Kata Kunci : *single image super-resolution, attention mechanism, deep learning*

A. PENDAHULUAN

Kualitas citra digital menjadi faktor penentu dalam berbagai sistem berbasis penglihatan komputer, mulai dari diagnosis medis hingga pemantauan lingkungan melalui penginderaan jauh. Dalam praktiknya, citra yang diperoleh dari sensor sering memiliki resolusi rendah akibat keterbatasan perangkat keras, kondisi akuisisi yang tidak ideal, atau kendala *bandwidth*. Kondisi ini mendorong berkembangnya penelitian *Single Image Super-Resolution* (SISR), yakni rekonstruksi citra beresolusi tinggi dari satu citra masukan beresolusi rendah. Tantangan mendasar SISR terletak pada sifatnya yang *ill-posed*, di mana satu citra beresolusi rendah dapat berkorespondensi dengan banyak kemungkinan citra beresolusi tinggi (Chauhan et al., 2023).

Pendekatan *deep learning* telah mengubah lanskap SISR secara fundamental melalui berbagai arsitektur seperti *residual network*, *dense connection*, dan GAN. Namun, model-model awal cenderung memproses seluruh piksel secara seragam tanpa membedakan area detail penting dari area homogen. *Attention mechanism* hadir sebagai solusi dengan memungkinkan model secara adaptif memfokuskan komputasi pada wilayah yang paling relevan, baik melalui *channel attention*, *spatial attention*, maupun *self-attention* berbasis Transformer yang mampu memodelkan hubungan global antarfitur secara lebih efektif (Chen et al., 2025; Yu et al., 2025; Talreja et al., 2023). Perkembangan ini telah menjangkau beragam domain, termasuk pencitraan medis (Ning et al., 2025), penginderaan jauh (Yu et al., 2025) dan aplikasi *lightweight* untuk perangkat terbatas (Tang et al., 2025; Kirat & Yerlikaya, 2025).

Meskipun literaturnya tumbuh pesat, belum terdapat kajian sistematis yang memetakan perkembangan metode *deep learning* berbasis *attention* untuk SISR pada

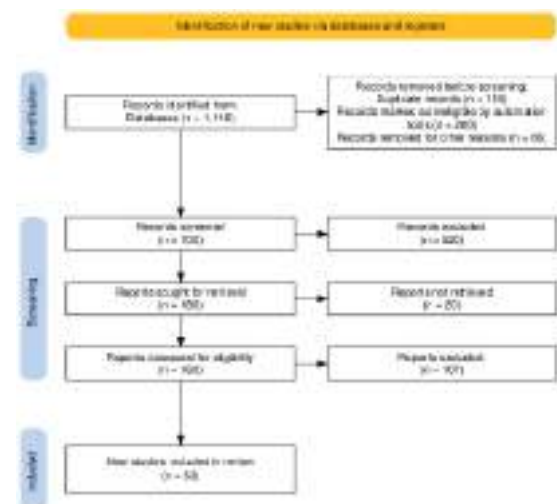
periode 2022–2026 secara menyeluruh. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut melalui *Systematic Literature Review* (SLR) dengan protokol PRISMA.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan kerangka PRISMA 2020. Pencarian dilakukan pada Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan SpringerLink menggunakan kata kunci Boolean: "*Single Image Super resolution*", "*Deep learning*", "*Transformer*", "*CNN*", dan "*Attention mechanism*", dibatasi pada periode 2022–2026 (Haddaway et al., 2022).

Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal dan prosiding internasional terindeks yang membahas SISR berbasis *deep learning* dengan *attention mechanism*, tersedia dalam teks penuh, dan berbahasa Inggris. Artikel duplikat, di luar topik SISR, non-eksperimental, dan metodologi tidak jelas dieksklusi.

Dari 1.116 artikel teridentifikasi, 700 lolos *screening*, 180 masuk tahap *retrieval*, dan 160 dievaluasi pada tahap *eligibility*. Setelah eksklusi 107 artikel yang tidak memenuhi kriteria, diperoleh 53 artikel sebagai studi final. Alur seleksi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram PRISMA

Penelitian ini dilakukan dengan lima *research question* sebagai berikut :

- RQ1: Metode *deep learning* apa saja yang paling banyak digunakan untuk SISR?
- RQ2: Bagaimana peran *attention mechanism* dalam meningkatkan performa *super-resolution*?
- RQ3: Pada domain aplikasi apa saja metode ini banyak diterapkan?
- RQ4: Bagaimana tren perkembangan metode *super-resolution* dari tahun 2022 hingga 2026?

RQ5: Apa tantangan utama dan arah penelitian masa depan dalam bidang ini?

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel berikut menyajikan ringkasan 53 artikel terpilih yang mencakup penulis, metode, dan kontribusi utama masing-masing studi sebagai dasar analisis perkembangan SISR periode 2022–2026.

Tabel 1. Ringkasan 53 artikel terpilih

No	Penulis & Tahun	Metode <i>Deep learning</i>	Kontribusi Utama
1	Chen et al. (2025)	Transformer-CNN	Meningkatkan kualitas detail tekstur dan PSNR
2	Ghazali et al. (2025)	Holistic Attention Network	Menghasilkan model lightweight dengan efisiensi tinggi
3	Lu et al. (2025)	Residual Network	Memperbaiki stabilitas rekonstruksi citra
4	Yan & Yin (2024)	Contrastive Learning SR	Mempertahankan detail frekuensi tinggi
5	Wang et al. (2024)	Hybrid Transformer	Meningkatkan kualitas citra satelit
6	Kim et al. (2023)	CNN Residual	Mengurangi noise citra medis
7	Zhao et al. (2023)	GAN-Based SR	Memperjelas detail wajah
8	Liu et al. (2022)	Lightweight CNN	Mengurangi kompleksitas komputasi
9	Park et al. (2024)	Swin Transformer	Meningkatkan hubungan global antar-pixel
10	Li et al. (2025)	Hybrid CNN-Transformer	Meningkatkan ketajaman struktur anatomi
11	Xu et al. (2023)	Dense Residual Network	Memperkuat representasi fitur penting
12	Sun et al. (2024)	ESRGAN	Menghasilkan kualitas visual realistis
13	Huang et al. (2023)	Recursive CNN	Mempertahankan detail objek kecil
14	Rahman et al. (2025)	Transformer SR	Rekonstruksi citra resolusi tinggi lebih akurat
15	Zhou et al. (2024)	Residual Dense Network	Mengurangi kehilangan detail tekstur
16	Lee et al. (2022)	Lightweight Transformer	Meningkatkan efisiensi inferensi
17	Kumar et al. (2025)	Hybrid Attention Network	Menjaga detail frekuensi tinggi
18	Ahmed et al. (2023)	CNN-GAN Hybrid	Meningkatkan kualitas citra pengawasan
19	Wei et al. (2024)	SwinIR	Meningkatkan kualitas citra kompleks
20	Choi et al. (2023)	Residual CNN	Mempertahankan struktur spasial citra
21	Singh et al. (2025)	Transformer Hybrid	Mengurangi artefak rekonstruksi
22	Nguyen et al. (2022)	CNN-Based SR	Deteksi cacat visual lebih akurat
23	Patel et al. (2024)	Residual Attention Network	Meningkatkan kualitas visual citra
24	Wu et al. (2025)	Transformer SR	Meningkatkan detail objek kecil
25	Ibrahim et al. (2023)	Dense CNN	Rekonstruksi tekstur lebih baik
26	Santos et al. (2024)	GAN-SR	Memperjelas objek pada citra blur
27	Tan et al. (2025)	Hybrid Residual Network	Mengurangi distorsi rekonstruksi
28	Ferreira et al. (2022)	Recursive Attention CNN	Meningkatkan ketajaman gambar
29	Hossain et al. (2024)	Transformer-CNN	Menjaga konsistensi detail global
30	Gao et al. (2025)	Attention Residual SR	Mempertahankan detail citra satelit
31	Prasetyo et al. (2023)	Lightweight SR Network	Efisiensi model untuk perangkat ringan
32	Zhang et al. (2024)	RCAN	Peningkatan PSNR dan SSIM signifikan
33	Nair et al. (2025)	Hybrid Transformer	Meningkatkan kualitas MRI
34	Luo et al. (2022)	CNN Residual	Mengurangi blur citra
35	Abbas et al. (2024)	GAN Transformer	Kualitas wajah lebih realistis



No	Penulis & Tahun	Metode <i>Deep learning</i>	Kontribusi Utama
36	Kurniawan et al. (2023)	Dense SR Network	Detail tekstur lebih stabil
37	Roy et al. (2025)	Efficient Transformer	Mempercepat inferensi model
38	Lin et al. (2024)	Hybrid CNN-GAN	Menghasilkan tekstur lebih natural
39	Arif et al. (2022)	Residual CNN	Peningkatan detail objek kecil
40	Mehta et al. (2025)	Transformer Attention SR	Memperjelas area vegetasi
41	Yusuf et al. (2023)	CNN-Based SR	Mempertahankan kualitas detail citra
42	Kim & Park (2024)	Lightweight Hybrid SR	Mengurangi penggunaan memori
43	Oliveira et al. (2025)	Frequency SR Network	Meningkatkan detail frekuensi tinggi
44	Hasan et al. (2022)	Recursive Residual Network	Rekonstruksi objek lebih tajam
45	Chen & Wu (2024)	Swin Transformer SR	Peningkatan hubungan global citra
46	Ramadhan et al. (2023)	Hybrid Attention CNN	Memperkuat fitur penting citra
47	Ali et al. (2025)	Efficient SR Transformer	Mendukung implementasi real-time
48	Putra et al. (2024)	GAN Residual SR	Mengurangi noise visual
49	Delgado et al. (2025)	Contrastive Transformer SR	Menjaga detail jaringan biologis
50	Hartono et al. (2023)	Residual Dense CNN	Meningkatkan detail kendaraan
51	Akbar et al. (2024)	Hybrid CNN-Transformer	Mempertahankan struktur spasial
52	Lee & Choi (2025)	Transformer SR	Meningkatkan kualitas perseptual
53	Wijaya et al. (2026)	<i>Lightweight attention SR</i>	Optimasi performa dan efisiensi model

RQ1: Metode *deep learning* apa saja yang paling banyak digunakan untuk *Single Image Super resolution*?

Metode *deep learning* untuk *Single Image Super-Resolution* (SISR) pada periode 2022–2026 didominasi oleh empat pendekatan utama, yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN), Transformer, *Generative Adversarial Network* (GAN), dan arsitektur hibrida CNN–Transformer. CNN masih menjadi fondasi penting karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur lokal dan mempertahankan informasi tekstur melalui struktur residual dan *dense connection*. Integrasi *channel attention* pada jaringan residual terbukti mampu meningkatkan representasi fitur penting dan menghasilkan kualitas rekonstruksi yang lebih baik (Lu et al., 2025; Gurrola-Ramos et al., 2022; Ma et al., 2024; Jia et al., 2023).

Perkembangan berikutnya ditandai dengan adopsi Transformer yang memanfaatkan mekanisme *self-attention* untuk menangkap hubungan global antar-piksel yang sulit dipelajari oleh konvolusi konvensional. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa Transformer mampu meningkatkan kualitas rekonstruksi terutama pada citra dengan struktur kompleks dan detail berfrekuensi tinggi

(Chen et al., 2025; Yu et al., 2025; Cho & Choi, 2024; Song et al., 2025). Selain itu, pendekatan berbasis GAN tetap digunakan untuk meningkatkan kualitas perseptual dan menghasilkan tekstur yang lebih realistis, meskipun sering menghadapi tantangan stabilitas pelatihan dan penurunan nilai PSNR dibandingkan metode berbasis rekonstruksi murni (Liu & Chandrasiri, 2024; Liu et al., 2024).

Tren yang paling dominan pada periode 2024–2026 adalah penggunaan arsitektur hibrida CNN–Transformer yang menggabungkan kemampuan CNN dalam ekstraksi fitur lokal dengan kemampuan Transformer dalam pemodelan dependensi global. Pendekatan ini menghasilkan keseimbangan yang lebih baik antara kualitas rekonstruksi, efisiensi komputasi, dan kemampuan generalisasi sehingga menjadi arah utama penelitian SISR modern (Chen et al., 2025; Li & Li, 2026; Yu et al., 2025; Li et al., 2026).



Gambar 2. Pendekatan Utama dalam Penelitian SISR

RQ2: Bagaimana peran *Attention mechanism* dalam meningkatkan performa *super resolution*?

Attention mechanism memungkinkan model memfokuskan pembelajaran pada fitur paling relevan sehingga detail tekstur, tepi, dan frekuensi tinggi dapat dipertahankan lebih baik. Empat jenis utama yang diidentifikasi adalah *channel attention*, *spatial attention*, *self-attention* berbasis Transformer, dan *frequency attention*, masing-masing menargetkan aspek rekonstruksi yang berbeda (Qiao et al., 2024; Muhammad et al., 2024; Talreja et al., 2023; Liu et al., 2024). Penggunaannya terbukti meningkatkan PSNR dan SSIM secara konsisten, namun dengan konsekuensi peningkatan kompleksitas komputasi. Penelitian terkini merespons hal ini melalui pengembangan *lightweight attention* yang mempertahankan performa tinggi dengan parameter lebih efisien (Tang et al., 2025).



Gambar 3. Mekanisme Perhatian dalam Penelitian SISR

RQ3: Pada domain aplikasi apa saja metode *Deep learning* untuk *Super resolution* banyak diterapkan?

SISR berbasis *deep learning* diterapkan pada lima domain utama: medis untuk peningkatan resolusi MRI dan CT-scan (Lee et al., 2025), penginderaan jauh untuk preservasi detail objek kecil pada citra satelit (Yu et al., 2025), *surveillance* untuk peningkatan kualitas citra pengawasan beresolusi rendah, multimedia untuk *video enhancement* dan restorasi foto digital, serta industri untuk inspeksi visual dan deteksi cacat produksi (Zhang et al., 2025). Keragaman ini mencerminkan bahwa SISR telah berkembang menjadi teknologi lintas domain yang relevan secara luas.



Gambar 4. Aplikasi SR Berbasis *Deep learning*

RQ4: Bagaimana tren perkembangan metode *super resolution* dari tahun 2022 hingga 2026?

Hasil kajian menunjukkan adanya evolusi bertahap dalam pengembangan metode SISR berbasis *deep learning* selama periode 2022–2026. Pada tahun 2022, penelitian masih didominasi oleh CNN berbasis *residual network* yang diperkaya dengan *channel attention* dan *spatial attention* untuk meningkatkan kemampuan ekstraksi fitur lokal (Gurrola-Ramos et al., 2022; Zhang et al., 2022; Jiang et al., 2022; Yu et al., 2022). Tahun 2023 ditandai dengan meningkatnya penggunaan berbagai variasi *attention mechanism* seperti *multi-attention*, *hybrid attention*, dan *feature fusion attention* untuk memperkuat representasi fitur serta meningkatkan kualitas rekonstruksi citra (Talreja et al., 2023; Chen et al., 2023; Kou et al., 2023; Li et al., 2023; Han et al., 2023).

Memasuki tahun 2024 dan 2025, penelitian mulai beralih menuju arsitektur berbasis Transformer dan hibrida CNN–Transformer yang mampu memanfaatkan informasi lokal maupun global secara bersamaan. Pada periode ini juga berkembang *frequency attention*, *large-kernel attention*, serta *multi-head attention* untuk meningkatkan preservasi detail frekuensi tinggi dan kualitas visual citra hasil rekonstruksi (Chen et al., 2025; Yu et al., 2025; Liu et al., 2024; Song et al., 2025). Selanjutnya, pada tahun 2026 fokus penelitian mulai mengarah pada pengembangan *lightweight architecture* dan *efficient attention* guna mengurangi kompleksitas model serta mendukung implementasi pada perangkat edge dan sistem *real-time* (Li & Li, 2026; Li et al., 2026; Liu et al., 2026; Zhang et al., 2026). Tren tersebut menunjukkan pergeseran penelitian dari peningkatan akurasi semata menuju keseimbangan antara kualitas rekonstruksi, efisiensi komputasi, dan kemampuan implementasi di dunia nyata.



Gambar 5. Evolusi Tren Penelitian SR

RQ5: Apa tantangan utama dan arah penelitian masa depan dalam bidang *image super resolution* berbasis *deep learning*?

Meskipun perhatian (*attention mechanism*) telah memberikan peningkatan signifikan terhadap kualitas rekonstruksi citra, sejumlah tantangan masih menjadi fokus penelitian saat ini. Tantangan utama meliputi tingginya kompleksitas komputasi

pada model berbasis Transformer dan *multi-attention*, kebutuhan memori yang besar, serta waktu inferensi yang relatif tinggi sehingga membatasi penerapan pada perangkat dengan sumber daya terbatas (Tang et al., 2025; Wang et al., 2024; Liu et al., 2026; Song et al., 2025). Selain itu, sebagian besar model masih dilatih menggunakan dataset sintetis sehingga kemampuan generalisasi terhadap citra dunia nyata yang mengandung *noise*, *blur*, kompresi, dan degradasi kompleks masih terbatas (Tarasiewicz & Kawulok, 2025; Anwar et al., 2025).

Tantangan lainnya adalah adanya *trade-off* antara kualitas rekonstruksi dan efisiensi inferensi. Model dengan jumlah parameter besar umumnya menghasilkan nilai PSNR dan SSIM yang lebih tinggi, namun membutuhkan biaya komputasi yang lebih besar (Tang et al., 2025; Wang et al., 2024). Di sisi lain, metrik evaluasi tradisional seperti PSNR dan SSIM belum sepenuhnya mampu merepresentasikan kualitas perseptual yang dirasakan manusia, sehingga diperlukan metrik evaluasi yang lebih komprehensif (Liu & Chandrasiri, 2024; Liu et al., 2024).

Berdasarkan tren penelitian terkini, arah pengembangan masa depan diperkirakan akan berfokus pada *lightweight attention mechanism*, integrasi Transformer yang lebih efisien, *self-supervised learning*, *diffusion model* untuk restorasi citra berkualitas tinggi, serta implementasi *edge AI* yang memungkinkan proses *super-resolution* dilakukan secara *real-time* pada perangkat dengan sumber daya terbatas (Tang et al., 2025; Li et al., 2026; Liu et al., 2026; Li et al., 2025).



Gambar 6. Tantangan dalam Penelitian SR

D. PENUTUP

Kajian sistematis terhadap 53 artikel pada periode 2022–2026 menunjukkan bahwa *attention mechanism* telah berkembang menjadi komponen inti dalam arsitektur *deep learning* untuk *Single Image Super-Resolution* (SISR). Arsitektur hibrida CNN-Transformer mendominasi tren penelitian terkini, dengan *channel attention* sebagai jenis yang paling banyak diadopsi (71,7%) karena kemampuannya memperkuat representasi fitur lintas kanal secara selektif. Temuan ini mengonfirmasi bahwa integrasi mekanisme perhatian ke dalam jaringan residual dan Transformer secara konsisten menghasilkan peningkatan nilai PSNR dan SSIM dibandingkan arsitektur tanpa attention.

Dari sisi metode, terjadi evolusi bertahap yang mencerminkan pergeseran paradigma: dari CNN berbasis residual menuju penggunaan Transformer dan arsitektur hibrida yang memanfaatkan hubungan global antar-piksel secara lebih efektif. Adopsi *frequency attention* dan *large-kernel attention* pada tahun 2024–2025 mencerminkan upaya untuk menjangkau ketergantungan jarak jauh dalam citra secara lebih efisien. Sementara itu, tahun 2026 menandai munculnya fokus yang lebih kuat pada *lightweight architecture* dan *efficient attention* guna mendukung implementasi pada perangkat edge dan sistem real-time.

Penerapan SISR berbasis attention telah meluas ke lima domain utama, yakni pencitraan medis, penginderaan jauh, surveillance, multimedia, dan industri. Keberagaman domain ini mempertegas bahwa SISR telah bertransformasi dari penelitian murni menjadi teknologi lintas sektor yang berdampak praktis. Tantangan utama yang masih dihadapi meliputi tingginya kompleksitas komputasi pada model Transformer berskala besar, keterbatasan generalisasi terhadap degradasi citra dunia nyata, serta trade-off yang belum terselesaikan antara kualitas rekonstruksi dan efisiensi inferensi. Di samping itu, keterbatasan metrik evaluasi konvensional seperti PSNR dan SSIM dalam merepresentasikan kualitas perseptual mendorong kebutuhan akan pendekatan evaluasi yang lebih holistik.

Berdasarkan temuan ini, penelitian ke depan diperkirakan akan berfokus pada pengembangan *lightweight attention mechanism* yang lebih efisien, integrasi *diffusion model* untuk menghasilkan rekonstruksi citra beresolusi tinggi yang lebih realistis, pemanfaatan *self-supervised learning* guna mengurangi ketergantungan pada data berlabel, serta implementasi edge AI untuk mendukung inferensi real-time pada perangkat terbatas. Selain itu, pengembangan metrik evaluasi yang lebih selaras dengan persepsi visual manusia serta perluasan dataset pelatihan dengan degradasi dunia nyata menjadi prioritas yang mendesak untuk mendorong kemajuan SISR yang lebih kontekstual dan aplikatif.

E. DAFTAR PUSTAKA

Anwar, S., Barnes, N., & Petersson, L. (2025). Attention-based real image restoration. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 36(3), 3954–3964. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3131739>

Ariav, I., & Cohen, I. (2023). Fully cross-



- attention transformer for guided depth super-resolution. *Sensors*, 23(5), Article 2723.
<https://doi.org/10.3390/s23052723>
- Chauhan, K., et al. (2023). Deep learning-based single-image super-resolution: A comprehensive review. *IEEE Access*, 11, 21811–21830.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3251396>
- Chen, J., Wang, W., Xing, F., & Tu, H. (2023). Multi-feature fusion attention network for single image super-resolution. *IET Image Processing*, 17(5), 1389–1402.
<https://doi.org/10.1049/ipr2.12721>
- Chen, Y., Chen, L., Xia, R., Yang, K., & Zou, K. (2025). CAAT: Image super-resolution algorithm via channel attention and transformer. *Array*, 28, Article 100628.
<https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100628>
- Cheng, R., Wu, Y., Wang, J., Ma, M., Niu, Y., & Shi, G. (2022). Adaptive feature denoising based deep convolutional network for single image super-resolution. *Computer Vision and Image Understanding*, 223, Article 103518.
<https://doi.org/10.1016/j.cviu.2022.103518>
- Cho, G., & Choi, Y. S. (2024). Image super-resolution with unified-window attention. *IEEE Access*, 12, 30852–30866.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3368436>
- Ghazali, A. B. E., Fiaz, A., & Islam, M. (2025). Lightweight multi-stage holistic attention-based network for image super-resolution. *IET Image Processing*, 19(1), Article e70013.
<https://doi.org/10.1049/ipr2.70013>
- Gong, J., & Xu, Q. (2025). Temporal transformer-based video super-resolution reconstruction with cross-modal attention. *Informatica*, 49(10), 179–190.
<https://doi.org/10.31449/inf.v49i10.7146>
- Gurrola-Ramos, J., Alarcon, T. E., & Dalmau, O. (2022). Arbitrary scale super-resolution neural network based on residual channel-spatial attention. *IEEE Access*, 10, 108697–108709.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3211302>
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and open synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18, Article e1230.
- Hajian, A., & Aramvith, S. (2025). AERU-Net: Adaptive edge recovery and attention U-shaped network for remote sensing image super-resolution. *IEEE Access*, 13, 59177–59197.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3556312>
- Han, X., Wang, L., Wang, X., Zhang, P., & Xu, H. (2023). A multi-scale recursive attention feature fusion network for image super-resolution reconstruction algorithm. *Sensors*, 23(23), Article 9458.
<https://doi.org/10.3390/s23239458>
- Hassan, M., Illanko, K., & Fernando, X. N. (2024). Single image super resolution using deep residual learning. *AI*, 5(1), 426–445.
<https://doi.org/10.3390/ai5010021>
- Jia, F., Tan, L., Wang, G., Jia, C., & Chen, Z. (2023). A super-resolution network using channel attention retention for pathology images. *PeerJ Computer Science*, 9, Article e1196.
<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1196>
- Jiang, J., et al. (2022). Super-resolution

- reconstruction of 3T-like images from 0.35T MRI using a hybrid attention residual network. *IEEE Access*, 10, 32810–32821.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3155226>
- Kirat, O., & Yerlikaya, T. (2025). Edge-aware reparameterizable network with hybrid bottlenecks and spatial attention for efficient compressed image super-resolution. *IEEE Access*, 13, 206256–206271.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3640518>
- Kou, Q., et al. (2023). Single image super resolution via multi-attention fusion recurrent network. *IEEE Access*, 11, 98653–98665.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3314196>
- Lee, D. Y., Kim, J. Y., & Cho, S. Y. (2025). Improving medical image quality using a super-resolution technique with attention mechanism. *Applied Sciences*, 15(2), Article 867.
<https://doi.org/10.3390/app15020867>
- Li, H.-A., Wang, D., Zhang, J., Li, Z., & Ma, T. (2023). Image super-resolution reconstruction based on multiscale dual-attention. *Connection Science*, 35(1).
<https://doi.org/10.1080/09540091.2023.2182487>
- Li, X., Sun, H., & Li, T.-Q. (2026). CHARMS: A CNN-transformer hybrid with attention regularization for MRI super-resolution. *Sensors*, 26(2), Article 738. <https://doi.org/10.3390/s26020738>
- Li, Y., & Li, W. (2026). A multi-scale hybrid attention residual network for super-resolution image reconstruction. *IEEE Access*, 14, 33847–33857.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3667149>
- Li, Z.-L., et al. (2025). DRFAN: A lightweight hybrid attention network for high-fidelity image super-resolution in visual inspection applications. *Algorithms*, 18(8), Article 454.
<https://doi.org/10.3390/a18080454>
- Liu, G., Zhou, S., Chen, X., Yue, W., & Ke, J. (2024). Recurrent large kernel attention network for efficient single infrared image super-resolution. *IEEE Access*, 12, 923–935.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3344830>
- Liu, J., & Chandrasiri, N. P. (2024). CA-ESRGAN: Super-resolution image synthesis using channel attention-based ESRGAN. *IEEE Access*, 12, 25740–25748.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3363172>
- Liu, J., et al. (2026). BAID: A lightweight super-resolution network with binary attention-guided frequency-aware information distillation. *Computers, Materials & Continua*, 86(2).
<https://doi.org/10.32604/cmc.2025.071397>
- Liu, S., Weng, X., Gao, X., Xu, X., & Zhou, L. (2024). A residual dense attention generative adversarial network for microscopic image super-resolution. *Sensors*, 24(11), Article 3560.
<https://doi.org/10.3390/s24113560>
- Liu, X., Gu, Z., Ding, H., Zhang, M., & Wang, L. (2024). Underwater image super-resolution using frequency-domain enhanced attention network. *IEEE Access*, 12, 6136–6147.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3351730>
- Lu, Z., Tu, Z., Zhang, Z., Jiang, C., & Chen, P. (2025). Single image super-resolution reconstruction based on multilayer residual networks with attention mechanisms. *IEEE Access*, 13, 73794–73802.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3562843>
- Ma, C., Mi, J., Gao, W., & Tao, S. (2024).



- Pyramid separable channel attention network for single image super-resolution. *Computers, Materials & Continua*, 80(3), 4687–4701. <https://doi.org/10.32604/cmc.2024.055803>
- Muhammad, W., Aramvith, S., & Onoye, T. (2024). CANS: Combined attention network for single image super-resolution. *IEEE Access*, 12, 167498–167517. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3487918>
- Nasir, M. F., Rehman, M. U., & Hussain, I. (2025). A self-attention guided approach for advanced underwater image super-resolution with depth awareness. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 6, 1716–1726. <https://doi.org/10.1109/OJCS.2025.3623788>
- Ning, Y., et al. (2025). A multi-head attention-based lightweight generative adversarial network for thyroid ultrasound video super-resolution. *IEEE Access*, 13, 99628–99640. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3570905>
- Patnaik, A., Chaudhary, N., Bhuyan, M. K., Alfarhood, S., & Safran, M. (2024). Remote sensing single-image super-resolution using convolutional block attention residual network with joint adversarial mechanisms. *IEEE Access*, 12, 53424–53435. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3387981>
- Qiao, F., Zhu, Y., Li, G., & Li, B. (2024). Dual contrastive attention-guided deformable convolutional network for single image superresolution. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 100, Article 104097. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2024.104097>
- Song, J., Sowmya, A., Zhang, W., & Sun, C. (2025). Efficient transformer with compressed-attention for stereo image super-resolution. *Knowledge-Based Systems*, 331, Article 114844. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2025.114844>
- Sultan, N., Ruangsang, W., & Aramvith, S. (2025). HybridATNet: Multi-scale attention and hybrid feature refinement network for remote sensing image super-resolution. *IEEE Access*, 13, 159979–159997. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3608009>
- Talreja, J., Aramvith, S., & Onoye, T. (2023). DANS: Deep attention network for single image super-resolution. *IEEE Access*, 11, 84379–84397. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3302692>
- Tang, M., Gan, Y., Zhang, Y., & Gan, X. (2025). A lightweight super-resolution network for infrared images based on an adaptive attention mechanism. *Computers, Materials & Continua*, 84(2), 2699–2716. <https://doi.org/10.32604/cmc.2025.064541>
- Tarasiewicz, T., & Kawulok, M. (2025). A graph attention network for real-world multi-image super-resolution. *Information Fusion*, 124, Article 103325. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2025.103325>
- Wan, X., Xu, S., & Gao, G. (2025). Attention-assisted dual-branch interactive face super-resolution network. *Cognitive Robotics*, 5, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2025.01.001>
- Wang, P., Wu, Z., Ding, Z., & Zheng, B. (2024). BTAN: Lightweight superresolution network with target transform and attention. *Computing and Informatics*, 43(2), 414–437.

- https://doi.org/10.31577/cai_2024_2_41_4
- Xu, Y., Guo, T., & Wang, C. (2024). A remote sensing image super-resolution reconstruction model combining multiple attention mechanisms. *Sensors*, 24(14), Article 4492. <https://doi.org/10.3390/s24144492>
- Yan, T., & Yin, H. (2024). High-frequency channel attention and contrastive learning for image super-resolution. *The Visual Computer*, 40(12), 8839–8851. <https://doi.org/10.1007/s00371-024-03276-8>
- Yu, C., & Pei, H. (2025). Super-resolution reconstruction method of face image based on attention mechanism. *IEEE Access*, 13, 121250–121260. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3070898>
- Yu, J., Lin, C., Peng, L., Zhong, C., & Li, H. (2025). MSFANet: A multi-scale feature fusion transformer with hybrid attention for remote sensing image super-resolution. *Sensors*, 25(21), Article 6729. <https://doi.org/10.3390/s25216729>
- Yu, W., et al. (2022). Super-resolution reconstruction of speckle images of engineered bamboo based on an attention-dense residual network. *Sensors*, 22(17), Article 6693. <https://doi.org/10.3390/s22176693>
- Zahan, N., Paheding, S., Saleem, A., Havens, T. C., & Esselman, P. C. (2025). MIMAR-Net: Multiscale inception-based Manhattan attention residual network and its application to underwater image super-resolution. *Electronics*, 14(22), Article 4544. <https://doi.org/10.3390/electronics14224544>
- Zhang, J., Wang, Y., Dai, R., Zhan, T., & Yu, X. (2025). Spatial-spectral cross fusion attention based hyperspectral image super-resolution for land resource auditing. *Informatica*, 49(22), 93–110. <https://doi.org/10.31449/inf.v49i22.7634>
- Zhang, S., Tong, S., & Pang, K. (2025). EECD-Net: An energy-efficient crack detection framework integrating super-resolution, spiking neural networks, and gated attention. *IEEE Access*, 13, 217349–217363. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3647946>
- Zhang, X., et al. (2024). Improving single-image super-resolution with dilated attention. *Electronics*, 13(12), Article 2281. <https://doi.org/10.3390/electronics13122281>
- Zhang, Y., Gan, Y., Tang, M., & Gan, X. (2026). A super-resolution generative adversarial network for remote sensing images based on improved residual module and attention mechanism. *Computers, Materials & Continua*, 86(2). <https://doi.org/10.32604/cmc.2025.068880>
- Zhang, Z., Su, Z., Song, W., & Ning, K. (2022). Global attention super-resolution algorithm for nature image edge enhancement. *Sustainability*, 14(21), Article 13865. <https://doi.org/10.3390/su142113865>
- Zou, S., Ruan, M., Zhu, X., & Nie, W. (2023). Super-resolution reconstruction based on Gaussian transform and attention mechanism. *PeerJ Computer Science*, 9, Article e1182. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1182>



PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI BIMBINGAN BELAJAR BERBASIS WEB UNTUK EFISIENSI OPERASIONAL BEE HIVE

**Satria Nur Fajriansyah¹⁾, Muhammad Subaktiar Wijaya²⁾, Daffa Arifta Eryana³⁾,
Alaudin Safa⁴⁾, Harsya Rafif Pramadhan⁵⁾, Arya Wicaksono⁶⁾, Muhammad Ilham
Baehaqi⁷⁾, Filius Deivivi⁸⁾, Dandy Nurfajriansyah⁹⁾, Sopiyan Apandi¹⁰⁾**
Prodi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang

Correspondence author: S Apandi, dosen02601@unpam.ac.id, Tangerang Selatan, Indonesia

Abstract

The rapid development of information technology is encouraging educational institutions to adopt digital systems to support operational and administrative processes. Bee Hive Tutoring, a non-formal educational institution established in 2020, still manages most of its activities manually through Google Forms, spreadsheets, and WhatsApp communications. This situation creates various problems, such as unstructured tutor scheduling, scattered student and tutor data, inefficient learning report submission processes, and potential data security risks. This study aims to design and implement a web-based Tutoring Management Information System (SIMB) to improve operational management at Bee Hive Tutoring. System development was carried out through the stages of problem identification, needs analysis, design, development, implementation, training, and system evaluation. The implemented system integrates student registration, tutor management, scheduling, attendance, payment management, and learning reports in one centralized platform. The results show that the system is able to improve operational efficiency, reduce administrative burdens, minimize scheduling conflicts, accelerate information delivery, and enhance data management security. In addition, the system also contributes to improving the quality of service for students and parents. Overall, the implementation of the web-based SIMB successfully supported the digital transformation in operational management at Bee Hive Tutoring.

Keywords : information systems, tutoring, web-based, operational management, bee hive

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat mendorong lembaga pendidikan untuk mengadopsi sistem digital guna mendukung proses operasional dan administrasi. Bimbingan Belajar Bee Hive, sebagai lembaga pendidikan nonformal yang berdiri sejak tahun 2020, masih mengelola sebagian besar aktivitasnya secara manual melalui *Google Form*, *spreadsheet*, serta komunikasi WhatsApp. Kondisi tersebut menimbulkan berbagai permasalahan, seperti penjadwalan tutor yang belum terstruktur, data siswa dan tutor yang tersebar,

proses penyampaian laporan pembelajaran yang kurang efisien, serta potensi risiko keamanan data. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Manajemen Bimbingan Belajar (SIMB) berbasis web guna meningkatkan pengelolaan operasional di Bimbingan Belajar Bee Hive. Pengembangan sistem dilakukan melalui tahapan identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, implementasi, pelatihan, dan evaluasi sistem. Sistem yang diimplementasikan mengintegrasikan fitur pendaftaran siswa, pengelolaan tutor, penjadwalan, absensi, pengelolaan pembayaran, serta laporan pembelajaran dalam satu platform terpusat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi beban administrasi, meminimalkan konflik jadwal, mempercepat penyampaian informasi, serta meningkatkan keamanan pengelolaan data. Selain itu, sistem juga berkontribusi dalam meningkatkan kualitas layanan bagi siswa dan orang tua. Secara keseluruhan, implementasi SIMB berbasis web berhasil mendukung transformasi digital dalam pengelolaan operasional di Bimbingan Belajar Bee Hive.

Kata Kunci : sistem informasi, bimbingan belajar, berbasis web, pengelolaan operasional, bee hive

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi di era digital telah membawa perubahan yang cukup signifikan di berbagai bidang kehidupan, termasuk dunia pendidikan (Abdullah et al., 2023). Saat ini, pemanfaatan teknologi informasi bukan lagi sekadar pelengkap, melainkan sudah menjadi kebutuhan mendasar dalam mendukung pengelolaan data, penyebaran informasi, serta peningkatan kualitas layanan pendidikan agar lebih cepat, akurat, dan terintegrasi (Hartono et al., 2025). Salah satu bentuk penerapan yang banyak digunakan adalah sistem informasi berbasis web yang menawarkan fleksibilitas akses dari mana saja dan kapan saja serta mampu meningkatkan efisiensi operasional lembaga pendidikan secara keseluruhan (Laudon & Laudon, 2020). Penerapan ini tidak terbatas pada pendidikan formal saja, tetapi juga sangat dibutuhkan oleh lembaga pendidikan nonformal seperti bimbingan belajar yang terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat

terhadap layanan pendidikan tambahan (Junaedi & Akbar, 2025).

Lembaga bimbingan belajar memiliki peran yang cukup strategis dalam membantu siswa memahami materi pelajaran, meningkatkan prestasi akademik, serta mempersiapkan diri menghadapi ujian sekolah (Sholichah et al., 2025). Seiring dengan meningkatnya minat masyarakat terhadap layanan pendidikan tambahan, kompleksitas pengelolaan operasional lembaga pun ikut meningkat. Berbagai kegiatan administratif mulai dari pengelolaan data siswa, pendataan guru, penjadwalan kegiatan belajar mengajar, pencatatan dokumentasi pembelajaran, hingga penyampaian laporan perkembangan siswa kepada orang tua, semuanya memerlukan sistem yang mampu mengelola proses tersebut secara efektif dan efisien (Armanto & Fathurrahmad, 2024). Meskipun demikian, kenyataannya masih banyak lembaga bimbingan belajar yang menjalankan seluruh proses tersebut secara manual, sehingga memunculkan berbagai kendala operasional yang

menghambat pelayanan (Safitri et al., 2026).

Pengelolaan data secara manual memiliki sejumlah kelemahan yang sulit dihindari, di antaranya risiko kehilangan data, keterlambatan dalam mendistribusikan informasi, potensi kesalahan pencatatan, serta terbatasnya kemampuan untuk memantau aktivitas operasional secara menyeluruh. Selain itu, penggunaan media komunikasi pribadi seperti WhatsApp sebagai sarana utama penyimpanan maupun penyebaran data juga berpotensi menimbulkan permasalahan pada aspek keamanan dan keteraturan informasi (Darmansah et al., 2025). Kondisi inilah yang menjadikan kehadiran sistem informasi berbasis web sebagai salah satu kebutuhan penting untuk mendukung pengelolaan data secara terpusat, meningkatkan efisiensi administrasi, serta mempercepat akses informasi bagi seluruh pihak yang terlibat (Destrada et al., 2026).

Bee Hive Bimbingan Belajar merupakan salah satu lembaga pendidikan nonformal yang berlokasi di Depok dan Tangerang Selatan. Lembaga ini menyediakan layanan pembelajaran untuk berbagai jenjang, mulai dari PAUD, TK, SD, hingga SMP, dengan sistem pembelajaran kelompok kecil yang terdiri dari maksimal tiga hingga empat siswa per kelompok serta layanan privat satu guru satu siswa. Selain program belajar reguler, Bee Hive juga menawarkan paket terapi dengan variasi pertemuan bulanan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan siswa. Sejak didirikan pada tahun 2020, pertumbuhan jumlah siswa dan guru di lembaga ini terus meningkat sehingga kebutuhan akan sistem pengelolaan operasional yang lebih terstruktur dan terdigitalisasi menjadi semakin mendesak.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan, diketahui bahwa seluruh kegiatan operasional Bee Hive masih didominasi oleh proses manual.

Pendaftaran siswa baru dilakukan melalui Google Form, sementara komunikasi antara pengelola, guru, dan orang tua siswa berlangsung melalui pesan pribadi maupun grup WhatsApp. Data siswa, data guru, jadwal pembelajaran, serta catatan dokumentasi kegiatan belajar tersebar di berbagai media yang berbeda dan tidak terintegrasi satu sama lain. Penjadwalan kegiatan belajar-mengajar juga belum dikelola secara sistematis sehingga tidak jarang terjadi benturan jadwal antarguru. Kondisi ini berdampak langsung pada kurang optimalnya pengelolaan administrasi serta meningkatnya waktu dan tenaga yang dibutuhkan dalam proses operasional sehari-hari.

Permasalahan lainnya terletak pada penyampaian laporan perkembangan belajar siswa. Selama ini, informasi mengenai progres pembelajaran disampaikan kepada orang tua secara manual melalui pesan pribadi, yang tentu kurang efisien baik dari segi waktu maupun konsistensi informasi. Orang tua tidak memiliki akses langsung untuk melihat jadwal belajar, dokumentasi kegiatan, maupun catatan perkembangan anak mereka secara mandiri. Apabila kondisi semacam ini terus dibiarkan, maka dapat menghambat peningkatan kualitas layanan serta pengembangan lembaga di masa mendatang.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem informasi berbasis web mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan administrasi pendidikan serta mendukung integrasi data secara lebih optimal (Arina et al., 2023). Penggunaan sistem berbasis web pada institusi pendidikan juga terbukti dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi kesalahan administrasi, serta mempermudah akses informasi bagi pengguna sistem (Prayoga, 2024). Di samping itu, penerapan basis data terpusat berkontribusi dalam meningkatkan

keamanan dan keteraturan pengelolaan data. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa pengembangan sistem informasi berbasis web mampu membantu lembaga pendidikan dalam meningkatkan kualitas layanan dan efektivitas pengelolaan administrasi secara digital (Hasan et al., 2023).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, diperlukan suatu solusi berupa pengembangan Sistem Informasi Manajemen Bimbel (SIMB) berbasis web yang dapat mengintegrasikan seluruh proses operasional Bee Hive Bimbingan Belajar ke dalam satu platform terpadu. Sistem ini dikembangkan menggunakan *framework* Laravel 12 dengan *template engine* Blade dan *build tool* Vite untuk sisi *front-end*, serta database SQLite sebagai penyimpanan data utama. Untuk mendukung transisi dari proses manual yang selama ini digunakan, sistem juga diintegrasikan dengan Google Sheets API sehingga data pendaftaran yang masuk melalui website secara otomatis tersinkronisasi ke spreadsheet yang sudah familiar bagi pengelola. Selain itu, setiap pendaftaran yang berhasil akan memicu pengiriman email konfirmasi otomatis kepada orang tua siswa melalui layanan SMTP Brevo, sehingga komunikasi menjadi lebih cepat dan profesional.

Sistem ini dirancang dengan tiga peran pengguna yang berbeda, yaitu Admin, Orang Tua (*User*), dan Mentor. Admin memiliki akses penuh untuk mengelola data pendaftaran, data guru, penjadwalan, dokumentasi pembelajaran, manajemen akun pengguna, pengelolaan program belajar, serta melihat laporan operasional dan mengeksport data ke format Excel. Orang tua siswa dapat login ke dalam sistem untuk melihat dashboard informasi anak, jadwal belajar yang telah diatur, serta dokumentasi progres pembelajaran yang diunggah oleh admin berupa catatan dan foto kegiatan belajar. Sementara itu,

Mentor dapat mengakses informasi terkait jadwal mengajar dan data siswa yang menjadi tanggung jawabnya. Pengaturan hak akses berbasis peran (*role-based access control*) ini diterapkan melalui *middleware* untuk menjaga keamanan dan keteraturan penggunaan sistem.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan Sistem Informasi Manajemen Bimbel (SIMB) berbasis web pada Bee Hive Bimbingan Belajar guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan operasional lembaga. Dengan hadirnya sistem ini, diharapkan proses pendaftaran siswa menjadi lebih terstruktur dan tercatat secara digital, penjadwalan kegiatan belajar mengajar dapat dikelola tanpa tumpang tindih, dokumentasi pembelajaran tersimpan dengan rapi dan mudah diakses, serta orang tua siswa memiliki portal tersendiri untuk memantau perkembangan belajar anaknya secara langsung. Pada akhirnya, sistem ini diharapkan dapat mendorong transformasi digital pada Bee Hive Bimbingan Belajar dan meningkatkan kualitas layanan pendidikan yang diberikan kepada siswa dan orang tua.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan kualitatif. Metode R&D dipilih karena penelitian ini tidak sekadar mengamati suatu fenomena, melainkan secara langsung menghasilkan sebuah produk nyata berupa Sistem Informasi Manajemen Bimbel (SIMB) berbasis web yang dikembangkan dan diimplementasikan pada Bee Hive Bimbingan Belajar. Sebagaimana dikemukakan oleh (Sugiyono, 2021), metode R&D merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji efektivitas produk tersebut. Dalam

konteks penelitian ini, produk yang dihasilkan adalah sistem informasi berbasis web yang dirancang untuk menjawab permasalahan operasional yang selama ini dialami oleh lembaga. Sementara itu, pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami secara mendalam kondisi operasional lembaga, mengidentifikasi permasalahan, serta mengevaluasi efektivitas sistem yang dikembangkan berdasarkan pengalaman dan perspektif pengguna.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bee Hive Bimbingan Belajar yang berlokasi di Kota Depok, Jawa Barat. Seluruh tahapan penelitian mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, hingga implementasi dan evaluasi sistem dilakukan secara bertahap dengan melibatkan pihak pengelola lembaga secara langsung.

Tahapan Pengembangan Sistem

Proses pengembangan sistem dalam penelitian ini mengacu pada model Waterfall yang dikemukakan oleh (Pressman & Maxim, 2020). Model ini dipilih karena sifatnya yang sistematis dan berurutan, sehingga setiap tahap pengembangan dapat diselesaikan secara tuntas sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Adapun tahapan yang dilalui meliputi:

1. Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi permasalahan operasional yang dihadapi lembaga serta merumuskan kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem melalui observasi dan wawancara.
2. Desain Sistem: Merancang arsitektur sistem, struktur basis data, serta antarmuka pengguna berdasarkan hasil analisis kebutuhan.
3. Pengembangan (*Coding*): Membangun sistem menggunakan *framework* Laravel 12 dengan *template engine*

Blade dan build tool Vite untuk sisi front-end, serta SQLite sebagai basis data. Sistem juga diintegrasikan dengan Google Sheets API untuk sinkronisasi data pendaftaran dan layanan SMTP Brevo untuk pengiriman email konfirmasi otomatis.

4. Pengujian: Melakukan pengujian fungsionalitas sistem menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan setiap fitur berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.
5. Implementasi: Menerapkan sistem secara langsung pada lingkungan operasional Bee Hive Bimbingan Belajar dan memberikan pelatihan penggunaan kepada pengelola.
6. Evaluasi: Mengumpulkan umpan balik dari pengguna untuk menilai efektivitas sistem serta mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki.

Populasi dan Sampel

Bee Hive Bimbingan Belajar memiliki dua orang tutor yang sejak awal ikut terlibat dalam membangun dan menjalankan operasional lembaga ini selama kurang lebih enam tahun, yaitu sejak lembaga didirikan pada tahun 2020. Kedua tutor tersebut tidak hanya berperan sebagai tenaga pengajar, tetapi juga turut menangani berbagai kegiatan administratif seperti pengelolaan data siswa, pengaturan jadwal pembelajaran, serta penyampaian laporan perkembangan belajar kepada orang tua siswa.

Mengingat jumlah tutor yang terbatas, maka seluruh populasi dijadikan sampel penelitian (*sampling jenuh* atau *sensus*). Adapun kriteria yang menjadikan kedua tutor layak sebagai responden adalah sebagai berikut:

1. Telah aktif mengajar dan terlibat dalam operasional Bee Hive Bimbingan Belajar sejak lembaga berdiri (± 6 tahun).

2. Memiliki pemahaman menyeluruh terhadap proses bisnis lembaga karena ikut serta membangun dan mengembangkan Bee Hive dari awal.
3. Terlibat langsung dalam kegiatan administratif seperti pengelolaan pendaftaran siswa, penyusunan jadwal, dan pelaporan kegiatan belajar.
4. Menggunakan sistem SIMB yang dikembangkan selama tahap implementasi penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga teknik, yaitu:

1. Observasi: Pengamatan langsung dilakukan terhadap proses operasional yang berjalan di Bee Hive Bimbingan Belajar, meliputi alur pendaftaran siswa baru, pengelolaan data siswa dan guru, proses penjadwalan kegiatan belajar mengajar, pencatatan dokumentasi pembelajaran, serta mekanisme penyampaian laporan perkembangan siswa kepada orang tua. Observasi ini bertujuan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi operasional sebelum dan sesudah implementasi sistem.
2. Wawancara: Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada owner dan kedua tutor untuk menggali informasi secara lebih mendalam mengenai kendala operasional yang selama ini dialami, kebutuhan terhadap sistem informasi, serta tanggapan dan evaluasi mereka setelah menggunakan SIMB yang dikembangkan.
3. Dokumentasi: Teknik dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data pendukung berupa jadwal pembelajaran, data administrasi siswa, catatan kegiatan belajar, serta dokumentasi proses implementasi sistem. Data dokumentasi ini berfungsi sebagai bukti pendukung sekaligus

bahan verifikasi terhadap hasil observasi dan wawancara.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian yang berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur kode internal. Metode ini dipilih karena tujuan pengujian adalah memastikan bahwa setiap fitur yang dikembangkan mulai dari pendaftaran siswa secara online, pengelolaan data guru, penjadwalan terintegrasi, pencatatan dokumentasi pembelajaran, manajemen akun pengguna, hingga fitur ekspor data dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

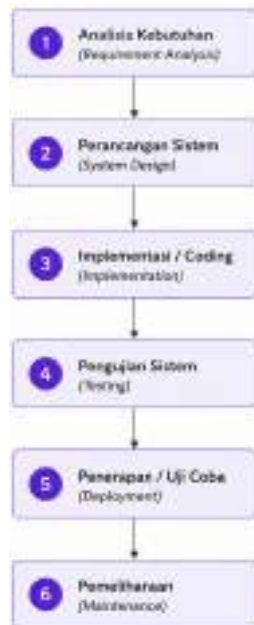
Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan menerapkan teknik triangulasi untuk menjaga keabsahan data. Triangulasi dilakukan dengan membandingkan dan menyilangkan data yang diperoleh dari tiga sumber yang berbeda, yaitu hasil observasi, hasil wawancara, dan data dokumentasi. Melalui teknik ini, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif dan data yang lebih valid mengenai efektivitas implementasi Sistem Informasi Manajemen Bimbel (SIMB) berbasis web pada Bee Hive Bimbingan Belajar.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Bimbel (SIMB) pada Bee Hive Bimbingan Belajar dilakukan dengan mengadopsi model Waterfall (Pressman & Maxim, 2021). Model ini dipilih karena sifatnya yang berurutan (sequential) dan terstruktur, memungkinkan pengembangan setiap fungsi sistem berjalan dengan presisi tinggi dan meminimalkan celah kesalahan integrasi. Berikut

merupakan rincian kegiatan dan hasil nyata dari setiap tahapan yang dilalui dalam perancangan SIMB:



Gambar 1. Perancangan SIMB

Tahap Analisis Kebutuhan (Requirements Analysis)

Pada tahap awal ini, dilakukan proses penggalian data secara intensif untuk memetakan alur bisnis operasional Bee Hive serta mengidentifikasi kendala yang dihadapi oleh pengelola. Proses ini dijalankan melalui observasi partisipatif terhadap aktivitas harian admin dan wawancara mendalam (in-depth interview) bersama owner dan dua tutor senior yang telah mengawal operasional lembaga selama 6 tahun. Ditemukan empat titik lemah utama dalam sistem manual Bee Hive, yaitu:

1. Redundansi dan Fragmentasi Data: Data pendaftaran dari Google Form harus dipindahkan secara manual satu per satu ke beberapa file spreadsheet terpisah.
2. Konflik Penjadwalan: Proses pencocokan ketersediaan waktu tutor dan ruang kelas belajar kelompok

(maksimal 3-4 anak) sering mengalami tumpang tindih (clash).

3. Hambatan Pelaporan: Dokumentasi perkembangan belajar (catatan dan foto evaluasi) dikirim secara sporadis lewat pesan pribadi WhatsApp, yang menyulitkan pencarian arsip oleh orang tua.
4. Celah Keamanan: Tidak adanya pembatasan akses data sensitif siswa dan keuangan.

Dari temuan tersebut, dirumuskan dokumen spesifikasi kebutuhan sistem yang mencakup tiga peran utama (multi-role): Admin (pengelola utama), *User* (orang tua siswa), dan Mentor (guru pengajar).

Tahap Perancangan Sistem (System Design)

Menerjemahkan dokumen kebutuhan ke dalam cetak biru (*blueprint*) arsitektur sistem. Perancangan ini berfokus pada struktur basis data, alur navigasi pengguna (user flow), logika bisnis, dan rancang bangun diagram UML (*Unified Modeling Language*). Hasil dari tahap ini adalah skema database relasional (ERD) dan diagram interaksi sistem yang akan diimplementasikan ke dalam program. Diagram UML yang dirancang untuk menggambarkan sistem ini

Use Case Diagram

Diagram ini memetakan batas sistem serta interaksi antara aktor (Pengunjung, admin, orang Tua/*User*) dengan fungsi-fungsi utama di dalam SIMB.

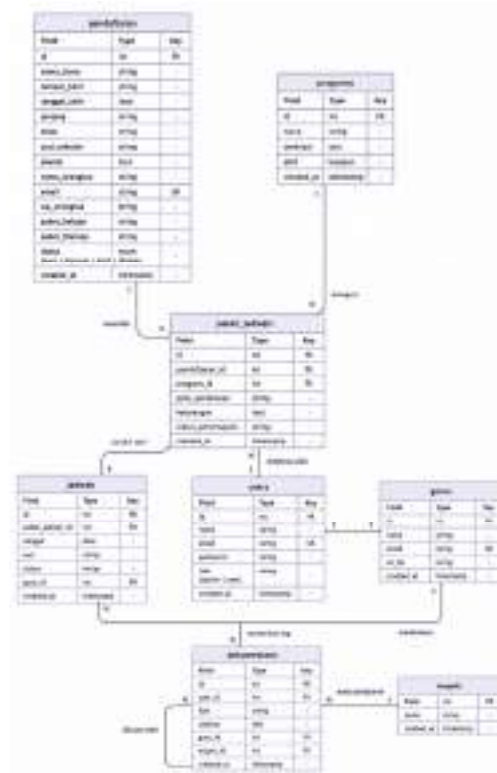


Gambar 2. Use Case Diagram

Use Case Diagram di atas menggambarkan pembagian hak akses yang tegas. Pengunjung umum hanya dapat berinteraksi dengan landing page dan melakukan pendaftaran online. Orang tua siswa (*User*) memiliki portal mandiri untuk memantau perkembangan akademik anak mereka (jadwal, dokumentasi, dan progres belajar). Sementara Admin bertindak sebagai pemegang kendali penuh yang memverifikasi pendaftaran, memanipulasi master data guru dan mata pelajaran, menyusun jadwal belajar agar terhindar dari benturan, serta mendokumentasikan log perkembangan harian.

Entity Relationship Diagram (ERD)

ERD menggambarkan struktur penyimpanan terpusat pada basis data SQLite yang digunakan, memperlihatkan bagaimana entitas siswa saling terhubung dengan paket jadwal, mata pelajaran, guru, dan log dokumentasi.



Gambar 3. Entity Relationship Diagram (ERD)

Struktur ERD menunjukkan hubungan relasional yang ketat untuk menjaga integritas data. Setiap baris data pendaftarans yang diaktifkan dapat memiliki relasi satu-ke-banyak (one-to-many) dengan paket_jadwals. Di dalam satu paket jadwal, sistem dapat menampung beberapa entri jadwals pertemuan spesifik (tanggal dan jam) yang masing-masing mengikat satu entitas guru (pengajar). Untuk keperluan evaluasi perkembangan, entitas *users* (akun orang tua) terhubung langsung dengan entitas dokumentasis yang menyimpan path file foto serta teks catatan evaluasi dari guru pengajar.

Tahap Implementasi / Penulisan Kode (Implementation)

Mentransformasikan rancangan desain ke dalam bentuk baris kode pemrograman. *Framework* Laravel 12 digunakan sebagai fondasi utama backend

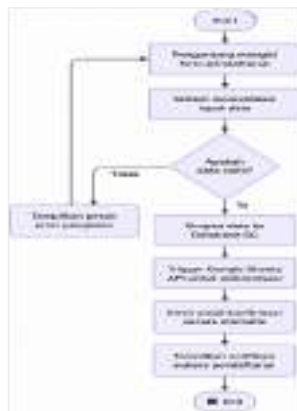
karena memiliki performa tinggi, sistem keamanan bawaan (built-in security) seperti proteksi CSRF, serta manajemen routing yang rapi.

Antarmuka dikembangkan secara dinamis menggunakan Blade Template Engine yang dikombinasikan dengan Vite sebagai assets bundler untuk mempercepat proses rendering visual. Data disimpan secara efisien di dalam basis data SQLite. Pada tahap ini pula dilakukan integrasi dua layanan eksternal (*third-party services*):

1. Google Sheets API: Menggunakan Google\Client untuk menghubungkan formulir pendaftaran web dengan spreadsheet mitra secara langsung (real-time). Ketika calon siswa mengisi formulir di web, data otomatis terduplikasi ke baris baru Google Sheets admin.
2. Brevo SMTP (*Mail Service*): Mengotomatiskan pengiriman email konfirmasi resmi (PendaftaranBerhasil.php) kepada alamat email orang tua yang terdaftar segera setelah data divalidasi oleh sistem.

Activity Diagram (Alur Pendaftaran Siswa)

Diagram ini menggambarkan alur kerja sistem dari sudut pandang aktivitas saat proses pendaftaran berlangsung.



Gambar 4. *Activity Diagram* (Alur Pendaftaran Siswa)

Sequence Diagram (Proses Pendaftaran Siswa)

Sequence diagram menggambarkan interaksi dinamis antar komponen perangkat lunak (controller, model, mail service, dan Google Sheets service) berdasarkan urutan waktu.



Gambar 5. Sequence Diagram

Ketika pengunjung menekan tombol submit, Pendaftar *Controller* menangkap *request* dan melakukan validasi. Jika lolos, objek pendaftaran disimpan ke dalam SQLite untuk menjamin persistensi data internal. Setelah itu, secara asinkron, controller memanggil GoogleSheetsService untuk menyisipkan data pendaftaran ke lembar kerja eksternal, disusul dengan pemanggilan kelas Mailer untuk mengirimkan email konfirmasi resmi langsung ke alamat surel orang tua.

Pencapaian Hasil

Penerapan SIMB memberikan dampak perubahan yang sangat signifikan terhadap efisiensi kerja operasional Bee Hive Bimbingan Belajar. Berikut perbandingan sebelum dan sesudah sistem diterapkan:



Gambar 6. Analisis Efektivitas dan Dampak Operasional

Sebelum adanya SIMB, pengelola membutuhkan waktu rata-rata 10–15 menit per siswa untuk memverifikasi pendaftaran dari Google Form, menyalinnya ke spreadsheet internal, dan mengetik pesan konfirmasi manual di WhatsApp. Dengan SIMB, proses verifikasi, pencatatan database, sinkronisasi Google Sheets, dan pengiriman email konfirmasi berjalan secara otomatis dalam waktu kurang dari 2 detik setelah tombol submit ditekan.

Dengan fitur penyusunan Paket Jadwal terpusat yang dilengkapi visualisasi ketersediaan guru, potensi terjadinya benturan jadwal mengajar (tutor mengajar dua kelompok berbeda di jam yang sama) berkurang hingga 0%.

Orang tua tidak perlu lagi menunggu kiriman pesan WhatsApp secara manual di malam hari. Cukup dengan login ke portal /user, orang tua dapat melihat jadwal aktif terupdate serta memantau dokumentasi foto kegiatan belajar beserta catatan evaluasi anak secara real-time.

Tampilan Interface

Berikut ini merupakan hasil tampilan interface diantaranya:



Gambar 7. Halaman Utama/Landing Page

Menunjukkan wajah publik bimbek, portofolio program (PAUD, TK, SD, SMP), galeri kegiatan, serta FAQ interaktif.



Gambar 8. Formulir Pendaftaran Online

Memperlihatkan antarmuka tempat orang tua melakukan input data anak secara mandiri.



Gambar 9. Dashboard Admin

Pusat kendali operasional admin. Menampilkan widget statistik utama (Jumlah Siswa Aktif, Pendaftaran Baru)

Hari Ini, Total Program Aktif) dan daftar log aktivitas (*Activity Log*) terbaru.



Gambar 10. Halaman Log Dokumentasi & Progres Belajar Admin

Fitur input bukti belajar siswa. Form upload foto dokumentasi kelas, pemilihan mata pelajaran, pemilihan guru, dan penulisan catatan perkembangan siswa.

D. PENUTUP

Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Bimbel (SIMB) berbasis web dengan Laravel 12, Google Sheets API, dan Brevo SMTP ini berhasil mewujudkan transformasi digital yang nyata pada Bee Hive Bimbingan Belajar. Berdasarkan evaluasi bersama owner dan dua tutor senior yang telah mengabdikan selama enam tahun, kehadiran sistem ini terbukti memangkas waktu pendaftaran siswa secara otomatis dari belasan menit menjadi di bawah dua detik, sekaligus mengeliminasi risiko benturan jadwal mengajar hingga nol persen. Selain mengoptimalkan efisiensi administrasi internal, SIMB juga menghadirkan transparansi bagi orang tua siswa yang kini dapat memantau jadwal aktif serta catatan progres belajar anak secara real-time melalui portal mandiri. Pada akhirnya, inovasi ini tidak hanya sukses mendigitalisasi pengelolaan data secara terpusat, tetapi juga berhasil meningkatkan standar kualitas dan profesionalisme layanan pendidikan Bee Hive di mata masyarakat luas.

Meskipun SIMB saat ini telah menjawab kebutuhan mendasar pengelola, pengembangan sistem di masa mendatang disarankan untuk menambahkan modul presensi digital guna melacak kehadiran siswa dan tutor secara real-time. Selain itu, integrasi dengan layanan payment gateway sangat direkomendasikan untuk mempermudah orang tua melakukan transaksi pembayaran SPP bulanan secara online dan aman. Untuk meningkatkan kenyamanan aksesibilitas, sistem ini juga dapat dikembangkan ke dalam aplikasi mobile berbasis Android dan iOS yang dilengkapi *fitur push notification*. Terakhir, perluasan skala pengujian dengan melibatkan lebih banyak responden (orang tua dan tutor baru) di masa depan akan sangat membantu dalam menyempurnakan aspek pengalaman pengguna (*user experience*) secara lebih komprehensif.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. J., Wahid, A. H. A., & Rivai, A. (2023). Pengaruh Teknologi Informasi dan Komunikasi Terhadap Pendidikan Indonesia. *JIEP: Journal of Islamic Education Policy*, 8(2), 133–146.
<https://doi.org/10.30984/jiep.v8i2.2715>
- Arina, Y., Febrianti, H., Amarta, Y., Sabandi, A., & Yahya, Y. (2023). Urgensi Sistem Informasi Manajemen Dalam Meningkatkan Mutu Layanan Pendidikan. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 8089–8098.
<https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/1348>
- Armanto, K. A., & Fathurrahmad. (2024). Sistem Informasi Akademik Berbasis Android Pada Bimbingan Belajar (BIMBEL) Praja Edukasi Banda Aceh. *JIKTI: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 1(2), 13–23.

- <https://doi.org/10.35870/jikti.v1i2.1066>
- Darmansah, T., Pasaribu, G. A., Juliani, D., Pulungan, S. N., & Pangolongan, C. A. (2025). Optimalisasi Sistem Informasi Administrasi Digital Untuk Meningkatkan Efisiensi Layanan dan Keamanan Informasi Organisasi. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(11), 108–112. <https://ojs.daarulhuda.or.id/index.php/Socius/article/view/1489>
- Destrada, I. P., Sucipto, & Nugroho, A. (2026). Perancangan Sistem Informasi Administrasi Berbasis Website pada LKP Inti Computer. *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi Komputer*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.53624/jsitik.v5i1.921>
- Hartono, J. V., Hartono, V. R., & Sunarsih, U. (2025). Pemanfaatan Teknologi Informasi Pada Masa Pandemi Hingga Pasca Pandemi Dalam Dunia Pendidikan: Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Ilmiah Interdisipliner*, 9(12), 484–492. <https://sejurnal.com/pub/index.php/jpii/article/view/1900>
- Hasan, A. R., Chotimah, C., & Junaris, I. (2023). Analisis Metode Perancangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web: Systematic Literatur Review. *JMMP: Jurnal Manajemen Mutu Pendidikan*, 11(2), 115–124. <https://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JMMP/article/view/27975>
- Junaedi, F. R., & Akbar, M. (2025). Perancangan Sistem Informasi Bimbingan Belajar dan Kursus di Ganesha Tama Bandung Berbasis Website. *GREAT: Global Research and Innovation Journal*, 1(3), 2593–2602. <https://journaledutech.com/index.php/great/article/view/791>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. New Jersey : Pearson Education Inc.
- Prayoga, M. A. (2024). Evaluasi Efektivitas Sistem Informasi Manajemen Pendidikan Dalam Meningkatkan Pengelolaan Data Siswa Dan Proses Pembelajaran Di Sekolah Menengah Atas Sukma Bangsa Lhokseumawe. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 6(2), 68–76. <https://doi.org/10.21831/jump.v6i2.74409>
- Pressman, R., & Maxim, B. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach, 9th Edition*. New York : Mc Graw Hill.
- Safitri, E. C. A., Listyorini, T., & Supriyati, E. (2026). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Bimbingan Belajar Berbasis Web Untuk Efisiensi Administrasi dan Komunikasi Dengan Fitur Notifikasi Otomatis: Studi Kasus Bimbel Ilman Nafi'. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 10(2), 2345–2352. <https://doi.org/10.36040/jati.v10i2.17328>
- Sholichah, L. F., Safika, S., Rahayu, M. A., Masnawati, E., Mardikaningsih, R., Hariani, M., Masfufah, M., & Aliyah, N. D. (2025). Efektifitas Bimbingan Belajar Dalam Meningkatkan Prestasi Akademik di Desa Balunganyar. *PROSPEKS: Prosiding Pengabdian Ekonomi Dan Keuangan Syariah*, 3(2), 685–693. <https://doi.org/10.32806/ppsv.v3i2.630>
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, Cetakan Ketiga*. Bandung : Alfabeta.

REKAYASA SISTEM INFORMASI PEMBELIAN BARANG BERDASARKAN PERMINTAAN PELANGGAN PADA PT KUSUMA MEGAHERPDANA

Hari Suryantoro¹⁾, Tannia Regina²⁾, Riza Syahrial³⁾, Yogasetya Suhandi⁴⁾, Zakiyatusifa⁵⁾

¹Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma Jakarta

²Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma Jakarta

^{3,4,5}Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma Jakarta

Correspondence author: H Suryantoro, akoehari@gmail.com, Jakarta, Indonesia

Abstract

PT. Kusuma Megahperdana is a company that provides promotional Products such as clothing, stationery, bags, and premium gifts. Its business process still relies on manual records for purchases and requisitions. This process has several weaknesses, including: recording purchases and requisitions that summarize data and are manually stored using Microsoft Excel. This makes the purchasing and requisition process time-consuming and inaccurate. Purchase and requisition data is unrecorded or duplicated. The purpose of this research is to design a purchasing information system based on customer Requests. This research used a field study method with data collection techniques including observation and interviews. The results are a prototipe purchasing information system that is expected to simplify and accelerate processing and obtain accurate information from each process. This application contributes to PT Kusuma Megahperdana's operational support, particularly in purchasing reports and purchasing monitoring data processing.

Keywords : *information system, purchasing, customer requests, monitoring*

Abstrak

PT. Kusuma Megahperdana perusahaan penyedia produk promosi berupa, pakaian, alat tulis, tas, dan hadiah premium. Sistem proses bisnisnya masih menggunakan sistem manual untuk pencatatan pembelian barang dan permintaan. Proses ini memiliki beberapa kelemahan antara lain: pencatatan pembelian dan permintaan barang yang rekap data dan disimpan secara manual menggunakan Microsoft Excel. Membuat proses pembelian barang dan permintaan memakan waktu lama, dan tidak akurat. Data pembelian dan permintaan yang tidak tercatat atau pencatatan yang ganda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah Sistem informasi pembelian barang berdasarkan permintaan pelanggan. Penelitian ini menggunakan metode studi lapangan dengan teknik-teknik pengumpulan datanya menggunakan observasi dan wawancara. Hasil penelitian berupa prototipe sistem informasi pembelian barang yang diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat pengolahan serta memperoleh informasi yang akurat dari setiap prosesnya. Aplikasi ini memberikan kontribusi bagi PT Kusuma Megahperdana

untuk menunjang operasional, terutama laporan pembelian dan pengolahan data monitoring pembelian barang.

Kata Kunci : sistem informasi, pembelian, permintaan pelanggan, monitoring

A. PENDAHULUAN

Kemajuan dalam bidang teknologi komputer sangat penting peranannya untuk perusahaan. Seiring dengan perkembangan zaman, maka semakin kompleks pula kegiatan manajemen pada suatu perusahaan, khususnya untuk teknologi perancangan sistem komputerisasi dimana setiap aktivitas pekerjaan pada perusahaan mengarah pada komputerisasi (Hasibuan et al., 2025). Dengan melakukan komputerisasi dan memiliki teknologi informasi yang baik maka akan memudahkan dalam perencanaan dan pengendalian serta pengambilan keputusan pada perusahaan, agar dapat dipertanggungjawabkan dan akan memberi kemudahan dalam pekerjaan karyawan (Dalimunthe & Nasution, 2025).

PT. Kusuma Megahperdana dengan karyawan berjumlah 100 pekerja, yang perlahan-lahan membangun reputasi melalui hubungan berbasis pelanggan dan akhirnya mencapai pertumbuhan perusahaan yang luar biasa. PT. Kusuma Megahperdana adalah perusahaan yang bergerak di bidang penyedia produk promosi berupa, pakaian, alat tulis, tas, dan hadiah premium dalam penjualan memiliki pertumbuhan sebesar 10% pertahun.

Dalam proses bisnisnya, saat ini sistemnya masih menggunakan sistem manual untuk pencatatan pembelian barang dan permintaan barang. Proses pembelian dan permintaan masih memiliki beberapa kelemahan salah satunya adalah bagian pencatatan pembelian barang dan permintaan yang masih rekap data dan disimpan secara manual menggunakan Microsoft Excel (Dharmalau et al., 2023). Hal tersebut membuat proses pembelian

barang dan permintaan memakan waktu lama, dan tidak akurat. Data pembelian dan permintaan yang tidak tercatat atau pencatatan yang ganda. Proses pembelian barang pun masih menggunakan Microsoft Word dan dikirim melalui email kepada pihak supplier dan permintaan menggunakan email dan diinput kedalam Microsoft Excel, sehingga apabila akan membuat pembelian barang atau permintaan diharuskan untuk membuka dokumen terkait. Hal inilah yang mendorong dibutuhkannya sebuah Sistem Informasi Pembelian Barang Berdasarkan Permintaan Pelanggan Berbasis Website (Syukron et al., 2022).

Sistem informasi merupakan gabungan dari manusia, *hardware*, *software*, jaringan komunikasi dan data yang saling berinteraksi untuk menyimpan, mengumpulkan, memproses dan mendistribusikan informasi untuk mendukung pengambilan keputusan dalam suatu organisasi (Purnawati et al., 2024). Pembelian merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk pengadaan barang yang diperlukan oleh perusahaan (Utami & Herawati, 2024). Kegiatan pembelian ini merupakan salah satu fungsi dasar sebuah perusahaan, karena suatu perusahaan tidak akan dapat beroperasi dengan baik tanpa pengelolaan pembelian yang benar dan sesuai dengan prosedur (Irawan et al., 2021). Sedangkan website adalah kumpulan halaman-halaman yang dapat menampilkan teks, gambar, animasi, video, suara yang masing-masing dihubungkan dengan jaringan-jaringan halaman (Irawati & Fitriansyah, 2025). Website dibagi menjadi dua golongan yaitu website statis dan website dinamis (Az-zahra & Yuliadi, 2025).

Studi Penelitian yang dilakukan oleh Krisendo Setiawan, Heriawati, Endang Retnoningsih Pada tahun 2017. Penelitian yang berjudul Sistem Informasi Persediaan, Pembelian dan Penjualan Barang Pada CV. Eeve Store Cileungsi. Penelitian ini menghasilkan: Input: Data Master, Data Surat Jalan, Data Faktur. Proses: Proses transaksi, Proses Pengeluaran Barang, Proses Permintaan Barang, Proses Pengiriman Barang. Output: Laporan Pengiriman Barang, Laporan Tanda Terima Jual, Laporan Penerimaan Barang (Setiawan et al., 2017). Studi Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Novriyenny, Ediman Mani, Rika Devi Andayani pada tahun 2017. Penelitiannya berjudul Perancangan Sistem Informasi Pembelian Tunai Studi Kasus Koperasi Usaha Tani Mekar Jaya. Penelitian ini menghasilkan: Input: Data Barang, Data Pemasok. Proses: Proses Transaksi Pembelian. Output: Laporan Pembelian (Novriyenni et al., 2017).

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah: merancang Sistem Informasi Pembelian Barang Berdasarkan Permintaan Pelanggan pada PT. Kusuma Megahperdana. Adanya aplikasi ini dapat memberikan kontribusi bagi perusahaan agar dapat menunjang operasional dalam pembuatan laporan pembelian, dalam pengolahan data yang selanjutnya dapat memberikan informasi yang berkualitas bagi perusahaan dalam menjalankan kegiatan monitoring data pembelian barang.

B. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan data-data yang dapat menunjang penelitian ini menggunakan metode studi lapangan, teknik-teknik pengumpulan datanya adalah observasi dan wawancara (Arhami et al., 2023). Pada metode pengumpulan dengan melakukan pengamatan informasi tentang proses yang ada maka ditemukan bahwa

proses pembelian barang dan permintaan masih memiliki beberapa kelemahan salah satunya adalah bagian pencatatan pembelian barang dan permintaan yang masih rekap data dan disimpan secara manual menggunakan Microsoft Excel. Hal tersebut membuat proses pembelian barang dan permintaan memakan waktu lama, dan tidak akurat. Data pembelian dan permintaan yang tidak tercatat atau pencatatan yang ganda. Proses pembelian barang pun masih menggunakan Microsoft Word dan dikirim melalui email kepada pihak supplier dan permintaan menggunakan email dan diinput kedalam Microsoft Excell, sehingga apabila akan membuat pembelian barang atau permintaan diharuskan untuk membuka dokument terkait.

Pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan para petugas yang terkait dengan karyawan terkait, untuk memperoleh informasi atau laporan yang diperlukan oleh Staff Admin, Marketing, Kepala Gudang, *Costing*, Admin dan *Finance* yang akan menggunakan sistem. Serta masalah apa saja yang terjadi pada sistem yang berjalan.

Pada metode Studi Pustaka dilakukan dengan cara mengutip dari berbagai sumber seperti Buku-buku terkait, Jurnal-Jurnal terkait serta berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dari judul, yang menjadi target informasi yang ingin didapat.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Kusuma Megahperdana membangun reputasi melalui hubungan berbasis pelanggan dan pada akhirnya mencapai pertumbuhan perusahaan yang luar biasa. Perusahaan kami menyediakan barang-barang berwujud yang berspesialisasi dalam memasok dan memproduksi barang-barang promosi seperti pakaian, tas, alat tulis, dan hadiah premium.

Berikut adalah gambaran sistem yang berjalan. Proses-proses yang berjalan pada sistem ini adalah sebagai berikut:

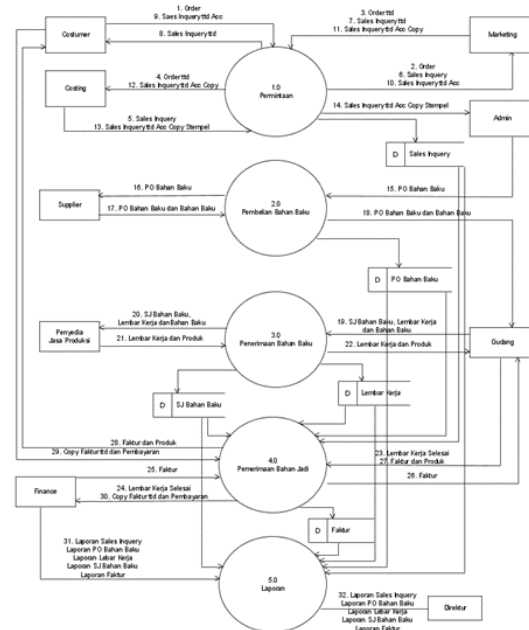
Proses Permintaan: Pada proses ini Marketing menerima order dari Pelanggan melalui email dan diserahkan kepada *Costing* untuk menentukan harga dan Membuat *Sales Inquiry*, setelah selesai *Costing* memberikan *Sales Inquiry* yang sudah dibuat kepada Marketing untuk difollow up ke Pelanggan untuk dilakukan acc lalu menyerahkan nya kepada Admin.

Proses Pembelian Bahan Baku: Pada proses ini setelah Sales Inquiry yang telah di acc oleh Pelanggan di terima oleh Admin langkah selanjutnya dibuatkan nya PO Bahan Baku untuk memesan bahan baku kepada supplier, setelah itu PO Bahan Baku selesai dibuat, PO Bahan Baku diberikan kepada Supplier untuk permintaan bahan baku.

Proses Penerimaan Bahan Baku: Pada proses ini setelah menerima PO Bahan Baku dari Admin, Supplier mengirim barang sesuai PO Bahan Baku dan diterima oleh Gudang, setelah diterima bahan baku Gudang membuat SJ Bahan Baku dan Lembar Kerja kemudian dikirim beserta bahan baku kepada Penyedia Jasa Produksi.

Proses Penerimaan Barang Jadi: Pada proses ini setelah selesai produksi, Penyedia Jasa Produksi mengirim barang beserta Lembar Kerja yang telah diproduksi kepada Gudang, setelah diterima Gudang memberi Lembar Kerja yang telah selesai Produksi kepada Finance. Setelah menerima Lembar Kerja, selanjutnya Finance membuat Faktur dan dilakukan pengiriman berdasarkan Faktur kepada Pelanggan, setelah diterima Pelanggan menandatangani dan menyerahkan salinan Faktur beserta Pembayaran kepada Finance yang nantinya akan dibuatkan Laporan yang nantinya akan diserahkan kepada Direktur.

Adapun diagram level 0 (nol) Sistem berjalan pada PT. Kusuma Megahperdana dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram level 0 (Nol) Sistem Berjalan

Permasalahan Sistem yang ditemukan dapat diuraikan dengan metode PIECES (*Performance, Information, Economics, Control, Efficiency dan Services*) sebagai berikut:

Performance (analisis kinerja): Kinerja bagian Administrasi kurang cepat, akurat, dan tidak tepat waktu jika ada permintaan data barang baik pemesanan barang, data barang keluar atau data laporan yang diminta dalam aktivitas sistem pembelian barang berdasarkan permintaan pelanggan di PT. Kusuma Megahperdana. Proses pembuatan laporan selalu makan waktu terlalu lama (berhari-hari).

Information (analisis Informasi): Pengumpulan data bergantung pada *form* pemesanan dan penerimaan barang. Informasi yang diperoleh sering tidak akurat atau salah.

Economy (analisis ekonomi): Pada faktor ekonomi ini tidak terlalu berpengaruh terhadap sistem yang berjalan namun adanya kesalahan pembuatan laporan yang mengakibatkan laporan harus dibuat ulang dirasa kurang ekonomis.

Control (analisis kendali): Pengontrolan dalam pencarian data terkendala oleh input dan *Output* yang masih manual dan harus mencari *form* pendukung sebagai alat mutlak dalam pencarian data tersebut. Bila *form* pemesanan dan penerimaan hilang atau rusak maka data yang dihasilkan jadi bermasalah dan tidak sesuai dengan yang ada digudang.

Efficiency (analisis efisiensi): Karena kesalahan administrasi menginput data dalam proses pemesanan, penerimaan barang serta proses pembuatan laporan yang dilakukan dengan cara manual yaitu dengan menggunakan *form-form* pendukung sebagai acuan dalam proses pencarian data tersebut dengan begitu proses yang berlangsung kurang efisien.

Service (analisis layanan): Dengan adanya sistem berbasis web dapat mempermudah dalam proses pemesanan barang, pengadaan barang, pembuatan laporan dan tidak mengandalkan *form-form* pendukung keakuratan data sehingga proses pencarian data dan pelaporan ke pihak terkait dapat dilakukan dengan cepat, tepat, akurat dan tidak sering salah jadi kesimpulannya adalah perlu penanganan dan peningkatan terkait pelayanan dalam pemrosesan data terutama data permintaan barang agar dapat memaksimalkan kinerja dalam menunjang pelayanan terhadap pemesan barang, atasan ataupun pihak terkait yang membutuhkan.

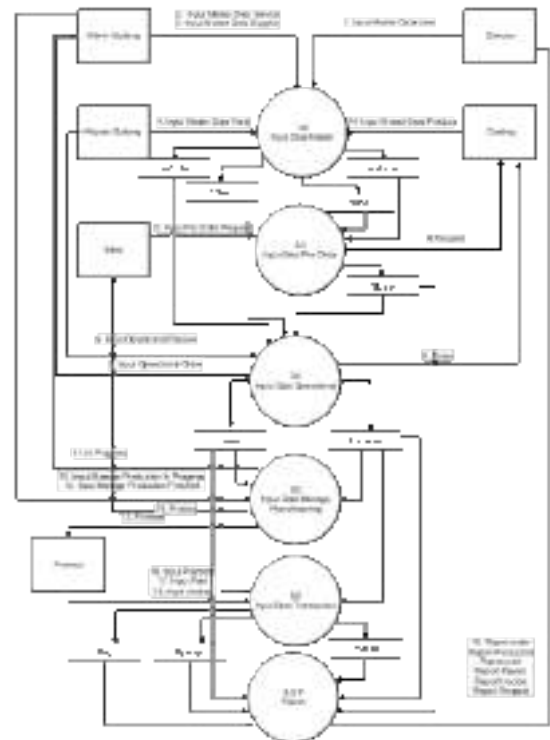
Berdasarkan analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama dari PT. Kusuma Megahperdana adalah akurasi dan efisiensi informasi yang kurang maksimal pada sistem yang berjalan, sehingga dengan dibuatkannya sistem berbasis web ini diharapkan dapat membuat informasi yang lebih baik.

Berdasarkan informasi dan keterangan dari pihak PT Kusuma Megahperdana, sesungguhnya tidak adanya perubahan prosedur serta mekanisme pembelian barang berdasarkan permintaan namun yang dilakukan adalah perubahan dari secara

manual ke komputerisasi menggunakan aplikasi berbasis web terkait perancangan dan pembuatan yang dilakukan.

Deskripsi Sistem Menyeluruh atau Global (overview)

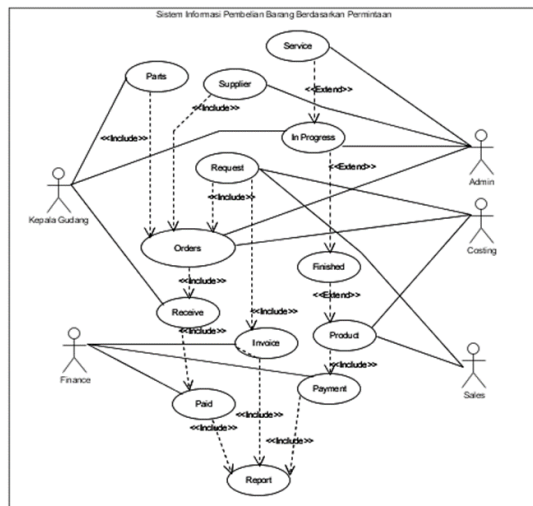
Untuk mendukung perancangan sistem informasi pembelian barang berdasarkan permintaan pada PT Kusuma Megahperdana, digambarkan dengan *data flow diagram* sebagai model yang nantinya akan digunakan dalam membuat program. Adapun diagram Nol Sistem Usulan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Nol Sistem Usulan

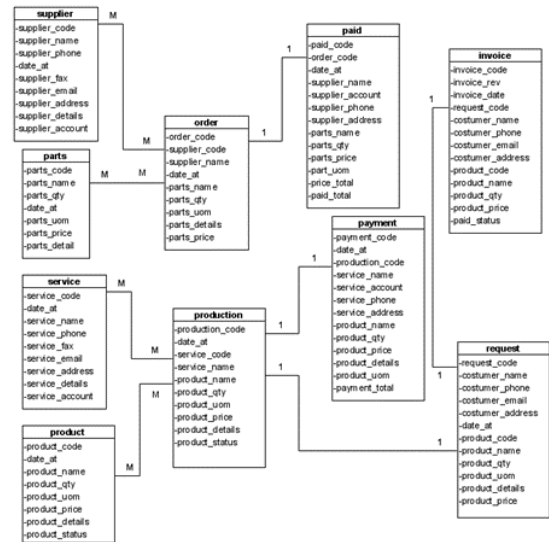
Use Case Sistem Informasi Usulan

Rancangan sistem informasi pembelian barang digambarkan dalam *Use Case Diagram* sistem informasi pembelian barang berdasarkan permintaan dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Use Case Sistem Informasi Pembelian Barang Berdasarkan Permintaan

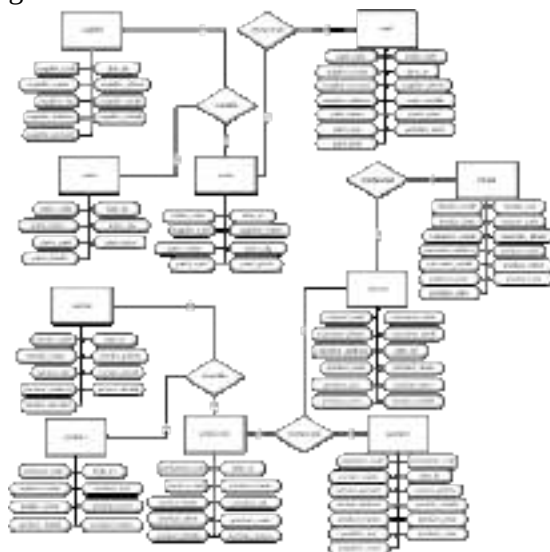
LRS (Logical Record Structure)



Gambar 5. LRS (Logical Record Structure)

ERD (Entity Relationship Diagram)

ERD (*Entity Relationship Diagram*) digunakan untuk memodelkan data dan hubungan antar data. Dengan ERD sistem penyimpanan data akan terlihat dan untuk menghindari terjadinya duplikasi data dalam sistem. Berikut merupakan diagram ERD Sistem Informasi Pembelian Barang Berdasarkan Permintaan berbasis Web PT Kusuma Megahperdana dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Entity Relationship Diagram

Gambar 5 merupakan diagram LRS (*Logical Record Structure*) Sistem Informasi Pembelian. Barang Berdasarkan Permintaan berbasis Web PT Kusuma Megahperdana Perdana.

Antarmuka Aplikasi Sistem

Prototipe dalam perancangan sistem program atau aplikasi adalah sangat penting. Sehingga terlihat jelas bagaimana struktur global suatu sistem bekerja.

Prototipe Input: mengenai aplikasi pemasukan data yang akan memudahkan pengguna dalam menggunakan sistem yang telah dibuat. Adapun bentuk dari Prototipe input ini bisa dilihat pada gambar sebagai berikut:

Menu Login: Pada login memiliki 3 kriteria hak akses sistem yang berguna membatasi pengguna, Prototipe login dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6. Tampilan *User interface* Login

Menu User: Prototipe panel *User* dapat dilihat pada gambar 7:



Gambar 7. Tampilan *user interface* Menu *User*

Menu Parts: Berfungsi untuk input data *Parts*. Adapun Prototipe menu *Parts* web admin dapat dilihat pada gambar 8:



Gambar 8. Tampilan *user interface* *Parts*

Menu Product: Berfungsi untuk menambahkan atau merubah data *Product* kedalam penyimpanan database sistem. adapun Prototipe *Product* dapat dilihat pada gambar 9:



Gambar 9. Tampilan *user interface* Data *Product*

Menu Supplier: Berfungsi untuk menambahkan atau merubah *Supplier* kedalam penyimpanan database sistem. adapun Prototipe *Supplier* dapat dilihat pada gambar 10:



Gambar 10. Tampilan *User interface* *Supplier*

Menu Service: Prototipe panel *Service* dapat dilihat pada gambar 11:



Gambar 11. Tampilan *User interface* *Service*

Menu Request: Prototipe *Request* dapat dilihat pada gambar 12:



Gambar 12. Tampilan *User interface* *Request*

Menu Receive: Prototipe *Receive* dapat dilihat pada gambar 13 :



Gambar 13. Tampilan *User interface Receive*

Menu In Progress: Prototipe *In Progress* dapat dilihat pada gambar 14:



Gambar 14. Tampilan *User interface In Progress*.

Finished: Prototipe *Finished* dapat dilihat pada gambar 15:



Gambar 15. Tampilan *User interface Finished*

Paid: Prototipe *Paid* dapat dilihat pada gambar 16:



Gambar 16. Tampilan *User interface Paid*

Payment: Prototipe *Payment* dapat dilihat pada gambar 17:



Gambar 17. Tampilan *User interface Payment*

Invoice: Prototipe *Invoice* dapat dilihat pada gambar 18:



Gambar 18. Tampilan *User interface Invoice*

Menu Utama: Prototipe Menu Utama dapat dilihat pada gambar 19:



Gambar 19. Tampilan *User interface Invoice*

Prototipe Output: Pada Prototipe *Output* ini akan terlihat gambaran mengenai rancangan hasil masukan data yang telah dilakukan oleh pengguna pada setiap prosesnya dalam menggunakan sistem yang dibuat. Laporan merupakan berkas hasil dari proses yang telah dilakukan pada sistem.

Adapun bentuknya dapat dilihat pada gambar 20 sampai gambar 27.



Gambar 20. Tampilan *Output* Laporan Request



Gambar 21. Tampilan *Output* Laporan Order



Gambar 22. Tampilan *Output* Laporan Receive



Gambar 23. Tampilan *Output* Laporan In Progress



Gambar 24. Tampilan *Output* Laporan Finished



Gambar 25. Tampilan *Output* Laporan Paid



Gambar 26. Tampilan *Output* Laporan Payment



Gambar 27. Tampilan *Output* Laporan Invoice

Analisis Kelayakan Sistem

Kelayakan Teknologi: PT Kusuma Megahperdana merupakan salah satu perusahaan menyediakan barang-barang berwujud yang berspesialisasi dalam memasok dan memproduksi barang-barang promosi seperti pakaian, tas, alat tulis, dan hadiah premium. Sarana dan prasarana yang mendukung seperti komputer dengan spesifikasi Windows 7 Profesional dengan Processor Intel core i3(R) CPU N3350 @ 1.10GHz 1.30GHz, RAM 4.00 Gygabyte dan 64 bit Operating System, *software* dan hardware tersebut sangat menunjang dan sangat memungkinkan untuk menggunakan sistem informasi yang diusulkan, guna mempermudah dan mempercepat proses pembuatan laporan. Sehingga Sistem atau

aplikasi tersebut dapat tumbuh dan berkembang. Atas dasar keadaan ini kelayakan teknologi sistem aplikasi yang diusulkan layak di implementasikan.

Kelayakan Operasional: PT Kusuma Megahperdana telah memiliki SDM yang cukup baik. Di masa yang akan datang akan ada perbaikan SDM terutama dibagian pengolahan ataupun pencatatan dengan mengadakan pelatihan-pelatihan mengenai sistem yang diusulkan agar karyawan-karyawan tersebut dapat dengan cepat memahami dan mengoperasikannya. Hal ini diperlukan agar cepat tanggap dengan adanya sistem baru dan berjalan dengan baik.

Kelayakan Hukum: Sistem aplikasi yang diusulkan dikembangkan dengan *software free* sehingga tidak bertentangan dengan aspek hukum. Aplikasi yang dikembangkan juga tidak bertentangan dengan hukum / Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku di PT Kusuma Megahperdana.

D. PENUTUP

Pada PT Kusuma megahperdana dalam pengolahan data pembelian barang berdasarkan permintaan yang masih manual dan belum mempunyai aplikasi khusus yang lebih baik.

Pengontrolan dalam pencarian data terkendala oleh input dan *Output* yang masih manual dan harus mencari *form* pendukung sebagai alat mutlak dalam pencarian data tersebut. Bila *form* pemesanan dan penerimaan hilang atau rusak maka data yang dihasilkan jadi bermasalah dan tidak sesuai dengan yang ada digudang. Sistem usulan yang dibuat diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat pengolahan serta memperoleh informasi yang akurat dari setiap prosesnya.

Diberikan training (pelatihan) bagi para karyawan atau Actor yang menggunakan sistem ini yang mana telah digambarkan pada Use Case.

Mengembangkan kembali sistem yang sudah ada pada saat pelanggan ingin Order, pelanggan bisa dengan cara mandiri mengisi *form* Order dengan cara membuat akun pada aplikasi sehingga nanti akan mempercepat proses operasional.

Menyediakan fasilitas *hardware* dan *software* yang dibutuhkan untuk menerapkan rancangan system.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Arhami, M., Husaini, Huzaeni, Salahuddin, & Rudi, F. Y. (2023). *Metodologi Penelitian Untuk Teknologi Informasi dan Komputer*. Yogyakarta : Andi.
- Az-zahra, F., & Yuliadi, S. P. (2025). Analisis Perbandingan Kinerja Website Statis dan Dinamis dalam Optimalisasi Layanan Informasi Digital. *Jurnal Sadewa : Publikasi Ilmu Pendidikan, Pembelajaran Dan Ilmu Sosial*, 3(4), 91–100.
<https://doi.org/10.61132/sadewa.v3i4.2430>
- Dalimunthe, S. R., & Nasution, M. I. P. (2025). Implementasi Information and Communication Technologies (ICT) Sebagai Alat Pengambilan Keputusan Dalam Perencanaan Organisasi. *JEBIMAN: Jurnal Ekonomi, Bisnis, Manajemen Dan Akuntansi*, 3(1), 161–167.
<https://sociohum.net/index.php/JEBIMAN/article/view/696>
- Dharmalau, A., Sucahyo, N., & Mukti, I. (2023). Perancangan Aplikasi Point of Sales (Pos) Berbasis Android Menggunakan Framework Flutter Di Kafe Elangsta. *Jris: Jurnal Rekayasa Informasi Swadharma*, 3(2), 6–13.
<https://doi.org/10.56486/jris.vol3no2.326>
- Hasibuan, M. A. A., Pyung, D., Saktiawan, G. A., Al-fandi, D., Fatahillah, M., Syahputra, B. D., Kahfi, F., Nugraha, F.



- P., Kurniawan, A., & Albais, R. (2025). Pemanfaatan Teknologi Komputer Dalam Meningkatkan Efisiensi Kerja Di Era Digital. *Jurnal Intelek Insan Cendikia*, 2(8), 14388–14393. <https://jicnusantara.com/index.php/jiic/article/view/4566>
- Irawan, R., Jonathan, S., Dewi, I. K., Wijaya, D., & Prana, I. (2021). Pelaksanaan Administrasi Pembelian Barang Jadi Pada PT Primakemas Cemerlang Jakarta. *Akrab Juara : Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, 6(4), 141–150. <https://doi.org/10.58487/akrabjuara.v6i4.1578>
- Irawati, & Fitriansyah, A. (2025). *Komunikasi Data*. Yogyakarta : Deepublish.
- Novriyenni, Manik, E., & Andayani, R. D. (2017). Perancangan Sistem Informasi Pembelian Tunai (Studi Kasus Koperasi Usaha Tani Mekar Jaya). *METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, 1(1), 33–38. <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol1No1.pp33-38>
- Purnawati, N. W., Arsana, I. N. A., Arfyanti, I., Mukhlis, I. R., Sulistyowati, Prasetya, F. D., Bowo, I. T., Abdillah, R., Tonyjanto, C., Putri, A., & Judijanto, L. (2024). *Sistem Informasi (Teori dan Implementasi Sistem Informasi di berbagai Bidang)*. Jambi : PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Setiawan, K., Herlawati, H., & Retnoningsih, E. (2017). Sistem Informasi Persediaan, Pembelian dan Penjualan Barang Pada CV Eeve Store Cileungsi. *Jurnal Mahasiswa Bina Insani*, 2(1), 25–36. <https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/JMBI/article/view/628>
- Syukron, A., Priyono, J., & Sardiarinto, S. (2022). Perancangan Sistem Informasi Permintaan Pembelian Perlengkapan Kantor (SIP3K) Berbasis Web. *Indonesian Journal Computer Science*, 1(1), 40–45. <https://doi.org/10.31294/ijcs.v1i1.1144>
- Utami, E., & Herawati, N. (2024). Analisis Pembelian Barang Dagang Serta Pengadaan Barang Pada CV Kemenangan Jaya Trading. *Jurnal Manajemen Dan Administrasi Antartika*, 1(2), 47–52. <https://doi.org/10.70052/juma.v1i2.407>

KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KUE PUKIS ORIGINAL MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Gerardus Berek¹⁾, Supatman²⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Mercu Buana Yogyakarta

Correspondence author: G Berek, garardusberek@gmail.com, Yogyakarta, Indonesia

Abstract

This study aims to classify the doneness level of original pukis cakes using a Convolutional Neural Network (CNN). The research method used is quantitative with an experimental approach. Manually determining the doneness level of pukis cakes is subjective and influenced by lighting conditions, resulting in inconsistent assessments. The dataset was obtained from images of the pukis cake baking process, which were extracted into image frames and divided into three classes: uncooked, half-cooked, and done. The preprocessing stage included image resizing to 64x64 pixels, normalization, and data augmentation. A CNN model was used to extract features and perform image classification. The results showed that the model achieved an accuracy of 97.81% on the test data. These results demonstrate that the CNN method can automatically classify the doneness level of pukis cakes with a high degree of accuracy.

Keywords : *convolutional neural network, image classification, doneness level, pukis cakes*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan kue pukis original menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penentuan tingkat kematangan kue pukis secara manual masih bersifat subjektif dan dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan sehingga menghasilkan penilaian yang kurang konsisten. Dataset diperoleh dari citra proses pemanggangan kue pukis yang diekstrak menjadi frame citra dan dibagi ke dalam tiga kelas, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang. Tahap praproses meliputi resize citra menjadi 64×64 piksel, normalisasi, dan augmentasi data. Model CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur serta melakukan klasifikasi citra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mampu mencapai akurasi sebesar 97,81% pada data pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode CNN mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan kue pukis secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Kata Kunci : convolutional neural network, klasifikasi citra, tingkat kematangan, kue pukis

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital saat ini yang semakin pesat dan telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk industri makanan (Xiao et al., 2022; Zhu et al., 2021). Pengolahan citra digital memungkinkan komputer untuk mengenali objek secara otomatis berdasarkan citra sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses identifikasi (Chang, 2024).

Kue pukis merupakan salah satu makanan tradisional yang populer di Indonesia (Corlina, 2022). Dalam proses pembuatannya, penentuan tingkat kematangan masih dilakukan secara manual dengan mengamati warna permukaan kue. Metode ini memiliki kelemahan karena bergantung pada pengalaman individu serta kondisi pencahayaan sehingga hasil penilaian cenderung subjektif dan kurang konsisten.

Seiring dengan perkembangan teknologi, metode *deep learning* menunjukkan peningkatan signifikan dalam bidang klasifikasi citra karena mampu mempelajari pola visual secara otomatis dan efektif (Kiran et al., 2025). Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu melakukan ekstraksi fitur secara otomatis dan menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi pada berbagai kasus *computer vision* (Bataineh et al., 2023). CNN memiliki kemampuan dalam mengenali pola visual seperti warna, tekstur, dan bentuk dengan tingkat akurasi yang tinggi (Taye, 2023).

Pengolahan citra digital merupakan teknik yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis gambar agar dapat dikenali oleh komputer. Citra digital tersusun dari kumpulan piksel yang memiliki nilai intensitas tertentu, di mana setiap piksel menyimpan informasi visual yang dapat dimanfaatkan dalam proses analisis (Archana & Jeevaraj, 2024). Dalam konteks

industri makanan, pengolahan citra banyak digunakan untuk menilai kualitas makanan secara otomatis berdasarkan karakteristik visual seperti warna, bentuk, dan tekstur sehingga dapat mengurangi subjektivitas dalam penilaian (Zhu et al., 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa CNN mampu melakukan klasifikasi citra makanan dengan performa yang baik pada berbagai kondisi pencahayaan dan variasi objek (Nfor et al., 2025). CNN efektif dalam mengekstraksi fitur secara otomatis dan menghasilkan performa yang tinggi dalam berbagai tugas *computer vision* (Khanam et al., 2024). Hasil serupa juga dilaporkan oleh (Roopa et al., 2024) dan (Bataineh et al., 2023) yang menunjukkan bahwa optimasi model CNN mampu meningkatkan performa klasifikasi citra pada berbagai objek. Namun, sebagian besar penelitian masih menggunakan dataset berupa citra statis sehingga belum banyak memanfaatkan data yang diperoleh dari proses pemanggangan secara bertahap.

Meskipun demikian, penelitian mengenai klasifikasi tingkat kematangan kue pukis masih terbatas, terutama yang menggunakan dataset hasil ekstraksi *frame* dari proses pemanggangan. Padahal, penggunaan data dari proses pemanggangan memungkinkan sistem menangkap perubahan karakteristik visual secara bertahap selama proses berlangsung.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa metode *Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki performa yang baik dalam klasifikasi citra makanan, sebagian besar penelitian masih menggunakan dataset berupa citra statis. Penelitian mengenai klasifikasi tingkat kematangan kue pukis juga masih terbatas, terutama yang memanfaatkan data hasil ekstraksi *frame* dari proses pemanggangan. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan *frame* hasil ekstraksi video proses pemanggangan sehingga perubahan karakteristik visual tingkat kematangan dapat diamati secara bertahap dan

menghasilkan sistem klasifikasi yang lebih objektif serta akurat.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi tingkat kematangan kue pukis secara otomatis menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) serta memanfaatkan dataset hasil ekstraksi citra dari proses pemanggangan. Diharapkan sistem yang dihasilkan mampu memberikan hasil klasifikasi yang lebih akurat, objektif, dan konsisten.

B. METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

Proses penelitian diawali dengan pemasakan kue pukis original. Selanjutnya dilakukan akuisisi *image* melalui pengambilan video proses pemanggangan. Video yang diperoleh kemudian diekstraksi menjadi *frame* citra dan digunakan untuk membentuk *dataset*. *Dataset* selanjutnya melalui tahap *preprocessing* yang meliputi *resize*, normalisasi, dan augmentasi data. Setelah itu dilakukan proses klasifikasi menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) sehingga diperoleh hasil klasifikasi tingkat kematangan kue pukis ke dalam tiga kategori, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari citra proses pemanggangan kue pukis yang diekstrak menjadi *frame* citra dengan tiga kelas. *Dataset* ini digunakan sebagai data utama dalam proses pelatihan dan pengujian model *Convolutional Neural Network* (CNN).

Jumlah keseluruhan *dataset* yang digunakan sebanyak 8839 citra yang diperoleh dari hasil ekstraksi *frame* video proses pemanggangan kue pukis. *Dataset* kemudian dibagi menjadi *data training* sebanyak 6187 citra, data validasi sebanyak 1327 citra, dan *data testing* sebanyak 1325 citra. Pembagian data tersebut dilakukan untuk menghasilkan proses pelatihan dan evaluasi model yang optimal.

Dataset dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan tingkat kematangan kue pukis, yaitu:

1. Kue pukis belum matang, ditandai dengan warna pucat atau putih.
2. Kue pukis setengah matang, ditandai dengan warna kuning kecoklatan.
3. Kue pukis matang, ditandai dengan warna coklat keemasan.

Perbedaan karakteristik visual seperti warna dan tekstur pada setiap kategori digunakan dalam proses klasifikasi tingkat kematangan kue pukis.



Gambar 2. Dataset Kue Pukis Belum Matang



Gambar 3. Dataset Kue Pukis Setengah Matang



Gambar 4. Dataset Kue Pukis Matang

Pre-processing

Tahap preprocessing dilakukan untuk menyiapkan data sebelum proses pelatihan model CNN. Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data serta mempercepat proses komputasi. Proses yang dilakukan meliputi:

1. Resize citra menjadi ukuran 64×64 piksel agar seragam.
2. Normalisasi nilai piksel untuk menstabilkan proses training.
3. Augmentasi data seperti rotasi, translasi, dan flipping untuk menambah variasi data dan mengurangi overfitting.

Dengan tahap ini, model dapat belajar dari data yang lebih terstruktur sehingga meningkatkan performa klasifikasi. Teknik preprocessing dan augmentasi data digunakan untuk meningkatkan kualitas dataset dan mengurangi overfitting pada model CNN (Tribuana et al., 2024).

Model CNN

Model *Convolutional Neural Network* (CNN) digunakan untuk mengekstraksi fitur dan melakukan klasifikasi citra kue

pukis berdasarkan tingkat kematangannya. CNN mampu mengenali pola visual seperti warna dan tekstur yang menjadi pembeda utama antar kategori kematangan. Arsitektur CNN dipilih karena efektif dalam proses klasifikasi citra dan ekstraksi fitur secara otomatis (Bataineh et al., 2023).

Arsitektur CNN yang digunakan terdiri dari beberapa layer utama, yaitu:

1. *Convolution layer*, digunakan untuk mengekstraksi fitur dari citra input.
2. *Batch normalization*, digunakan untuk menstabilkan distribusi data selama proses pelatihan.
3. *ReLU (Rectified Linear Unit)*, digunakan sebagai fungsi aktivasi untuk mempercepat proses pembelajaran.
4. *Max pooling layer*, digunakan untuk mengurangi dimensi data sekaligus mempertahankan fitur penting.
5. *Fully connected layer*, digunakan untuk menghubungkan fitur yang telah diekstraksi ke tahap klasifikasi.
6. *Softmax layer*, digunakan untuk menentukan probabilitas setiap kelas output.

Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa *convolution layer* yang diikuti oleh *batch normalization*, fungsi aktivasi ReLU, *max pooling layer*, *fully connected layer*, serta *softmax layer* sebagai tahap akhir klasifikasi. Kombinasi layer tersebut memungkinkan model mempelajari karakteristik warna dan tekstur pada citra kue pukis secara efektif sehingga menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi.

Model CNN ini dirancang untuk mengenali perbedaan warna dan tekstur yang menunjukkan tingkat kematangan kue pukis, sehingga dapat menghasilkan klasifikasi yang akurat.

Parameter Training

Parameter training yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Training

Parameter	Nilai
Optimizer	Adam
Epoch	25
Batch Size	32
Learning Rate	0.001

Optimizer Adam digunakan karena mampu menyesuaikan *learning rate* secara adaptif sehingga proses pelatihan menjadi lebih stabil. Jumlah *epoch* sebanyak 25 dipilih agar model memiliki iterasi yang cukup tanpa menyebabkan *overfitting*.

Batch size sebesar 32 digunakan untuk menyeimbangkan kecepatan pelatihan dan penggunaan memori. Sementara itu, *learning rate* sebesar 0.001 digunakan untuk mengontrol proses pembelajaran agar model dapat mencapai konvergensi dengan baik.

Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur performa model CNN dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan kue pukis. Metode evaluasi yang digunakan meliputi:

1. Akurasi (*accuracy*), untuk mengukur tingkat keberhasilan model secara keseluruhan.
2. *Confusion Matrix*, untuk melihat detail hasil klasifikasi pada setiap kelas.
3. *Precision*, untuk mengukur ketepatan prediksi model.
4. *Recall*, untuk mengukur kemampuan model dalam mengenali data sebenarnya.
5. *F1-Score*, untuk mengukur keseimbangan antara *precision* dan *recall*.

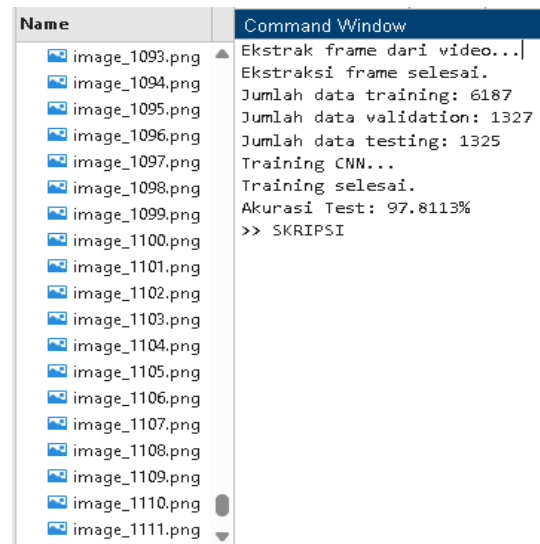
Dengan metrik tersebut, performa model dapat dianalisis secara menyeluruh.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Ekstraksi Frame

Proses ekstraksi frame menghasilkan dataset citra dari proses pemanggangan kue pukis untuk menangkap variasi tingkat kematangan secara bertahap.

Dataset kemudian dibagi menjadi tiga kategori, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang, berdasarkan perbedaan warna. Proses ini bertujuan menghasilkan data yang bervariasi dan representatif agar model CNN dapat mempelajari pola dengan baik dan meningkatkan akurasi klasifikasi.



Gambar 5. Hasil Ekstraksi Frame

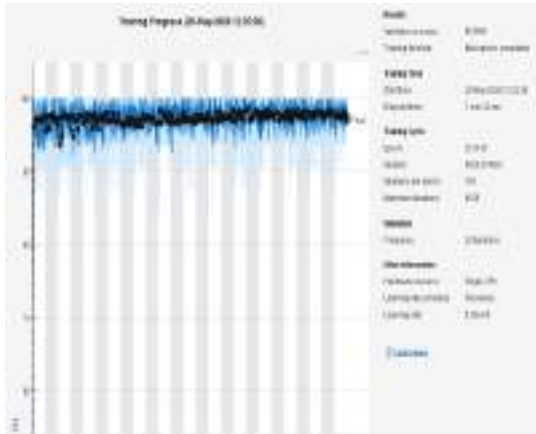
Hasil Training

Hasil proses pelatihan model *Convolutional Neural Network* (CNN) ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik menunjukkan bahwa akurasi *training* mengalami peningkatan yang signifikan sejak awal pelatihan, kemudian cenderung stabil pada nilai yang tinggi, yaitu berada pada kisaran 97% hingga mendekati 100%. Akurasi *validasi* juga menunjukkan nilai yang tinggi dan stabil dengan nilai akhir mencapai sekitar 96,99%.

Selain itu, nilai *loss* mengalami penurunan secara bertahap dari nilai awal yang relatif tinggi hingga mencapai nilai yang rendah dan stabil pada akhir proses pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola data

dengan baik dan mengurangi kesalahan prediksi.

Perbedaan antara akurasi *training* dan *validasi* yang tidak terlalu signifikan menunjukkan bahwa model tidak mengalami *overfitting* yang berarti. Dengan demikian, model memiliki kemampuan generalisasi yang baik dalam mengklasifikasikan data baru.



Gambar 6. Grafik Accuracy dan Loss

Hasil Evaluasi

Hasil evaluasi model *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil Akurasi

Pengujian	Jumlah Data	Akurasi
Training	6187	± 98%
Validasi	1327	96.99%
Testing	1325	97.81%

Berdasarkan hasil pengujian, model CNN yang diusulkan mampu mencapai akurasi sebesar 97,81% pada data *testing*. Nilai ini menunjukkan bahwa model memiliki performa yang sangat baik dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan kue pukis.

Akurasi pada data *training* dan *validasi* juga menunjukkan nilai yang tinggi dengan perbedaan yang tidak signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa model mampu belajar dengan baik serta memiliki kemampuan generalisasi yang baik

terhadap data baru. Selain itu, pembagian data yang proporsional antara *training*, *validasi*, dan *testing* turut mendukung performa model yang optimal dan stabil.

Confusion Matrix

Confusion matrix yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan gambar tersebut, sebagian besar data berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh model CNN.

		Confusion Matrix		
True Class	kelas1	453		
	kelas2		444	26
	kelas3		3	399
		kelas1	kelas2	kelas3
		Predicted Class		

Gambar 7. Confusion Matrix

Pada kelas **belum matang**, seluruh data berhasil diklasifikasikan dengan benar sebanyak 453 data, menunjukkan performa yang sangat baik. Pada kelas **setengah matang**, sebanyak 444 data diklasifikasikan dengan benar, namun terdapat 26 data yang salah diklasifikasikan ke kelas matang, yang menunjukkan adanya kemiripan karakteristik antara kedua kelas tersebut.

Pada kelas **matang**, sebanyak 399 data berhasil diklasifikasikan dengan benar, dengan hanya 3 data yang salah diklasifikasikan ke kelas setengah matang. Secara keseluruhan, kesalahan klasifikasi relatif kecil dan sebagian besar terjadi pada kelas dengan karakteristik warna yang mirip.

Hasil Klasifikasi

Berdasarkan hasil klasifikasi, kelas Belum Matang memperoleh performa terbaik dengan nilai *precision*, *recall*, dan

F1-score sebesar 1.000. Kelas Setengah Matang memiliki nilai *recall* terendah sebesar 0.945 karena terdapat beberapa data yang salah diklasifikasikan ke kelas Matang akibat kemiripan warna. Sementara itu, kelas Matang memperoleh *recall* sebesar 0.993 yang menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil dikenali dengan benar.

Hasil ini menunjukkan bahwa model CNN mampu membedakan ketiga tingkat kematangan kue pukis dengan sangat baik.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi

Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Belum Matang	1.000	1.000	1.000
Setengah Matang	0.993	0.945	0.968
Matang	0.939	0.993	0.964
Rata-rata	0.977	0.979	0.977

Pembahasan

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, model *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu mengenali karakteristik visual pada citra kue pukis dengan sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh akurasi pengujian sebesar **97,81%** serta nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang tinggi pada setiap kelas.

Kesalahan klasifikasi sebagian besar terjadi pada kategori setengah matang yang disebabkan oleh kemiripan karakteristik visual dengan kategori matang. Tingkat keberhasilan model dalam mengklasifikasikan data menunjukkan bahwa fitur-fitur yang diekstraksi secara otomatis oleh CNN memberikan kontribusi yang signifikan terhadap proses identifikasi tingkat kematangan kue pukis.

CNN memiliki kemampuan untuk melakukan ekstraksi fitur secara otomatis melalui lapisan konvolusi. Model mampu mempelajari berbagai karakteristik visual seperti warna, tekstur, dan pola permukaan kue pukis yang mengalami perubahan selama proses pemanggangan. Kemampuan

tersebut memungkinkan model membedakan tingkat kematangan pada setiap kategori dengan baik.

Tingginya akurasi model juga dipengaruhi oleh tahap *preprocessing* dan augmentasi data yang diterapkan. Proses *resize* dan normalisasi membantu menyeragamkan ukuran serta nilai piksel citra, sedangkan augmentasi data meningkatkan keragaman data pelatihan sehingga model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik terhadap data baru.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *Convolutional Neural Network* (CNN) sangat efektif digunakan dalam klasifikasi citra makanan karena mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis dan menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi (Nfor et al., 2025; Sun, 2024; Xiao et al., 2022; Zhu et al., 2021).

Akurasi sebesar 97,81% yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa model CNN yang digunakan memiliki performa yang sangat baik dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan kue pukis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan mampu menghasilkan tingkat akurasi yang kompetitif dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya pada bidang klasifikasi citra makanan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN).

Salah satu keunggulan penelitian ini adalah penggunaan dataset yang diperoleh dari hasil ekstraksi *frame* video proses pemanggangan kue pukis. Pendekatan tersebut memungkinkan model mempelajari perubahan karakteristik visual tingkat kematangan secara bertahap sehingga mampu meningkatkan kemampuan klasifikasi secara lebih akurat dan konsisten. Selain itu, penggunaan data hasil ekstraksi *frame* memberikan variasi data yang lebih representatif terhadap kondisi

nyata selama proses pemanggangan berlangsung.

Secara keseluruhan, model yang dikembangkan memiliki performa yang sangat baik dan berpotensi untuk diterapkan sebagai sistem otomatis dalam menentukan tingkat kematangan kue pukis. Sistem ini dapat membantu mengurangi subjektivitas dalam penilaian tingkat kematangan sehingga menghasilkan proses identifikasi yang lebih objektif, konsisten, dan efisien.

Penelitian ini masih terbatas pada penggunaan *dataset* kue pukis original dengan kondisi pencahayaan yang relatif terkontrol serta jumlah data yang terbatas pada tiga kelas tingkat kematangan, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang. Pada penelitian selanjutnya dapat digunakan *dataset* yang lebih beragam, jumlah data yang lebih banyak, serta kondisi lingkungan dan pencahayaan yang berbeda untuk menguji kemampuan generalisasi dan *robustness* model secara lebih menyeluruh.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan kue pukis original dengan baik. Model yang dikembangkan menghasilkan akurasi sebesar 97,81% pada data pengujian serta didukung oleh nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang tinggi pada setiap kelas.

Model CNN mampu mempelajari karakteristik visual berupa warna dan tekstur pada citra kue pukis sehingga dapat membedakan tingkat kematangan ke dalam tiga kategori, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang. Tahap *preprocessing* dan augmentasi data juga berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai solusi otomatis dalam mengidentifikasi

tingkat kematangan kue pukis secara lebih objektif, konsisten, dan efisien. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki potensi yang baik untuk diterapkan dalam bidang pengolahan citra, khususnya pada klasifikasi tingkat kematangan produk makanan.

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan *dataset* yang lebih banyak dan lebih beragam agar performa model serta kemampuan generalisasi sistem menjadi lebih optimal.

Penggunaan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang lebih kompleks atau model *deep learning* lainnya dapat dikembangkan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi.

Sistem yang dikembangkan dapat diimplementasikan dalam bentuk aplikasi *real-time* sehingga dapat digunakan secara langsung pada proses produksi kue pukis.

Sistem dapat dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web maupun mobile agar lebih mudah digunakan dan memiliki cakupan penggunaan yang lebih luas.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Archana, R., & Jeevaraj, P. S. E. (2024). Deep learning models for digital image processing: a review. *Artificial Intelligence Review*, 57, 11. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10631-z>
- Bataineh, A. Al, Kaur, D., Al-Khassawneh, M., & Al-Sharoa, E. (2023). Automated CNN Architectural Design: A Simple and Efficient Methodology for Computer Vision Tasks. *Mathematics*, 11(5), 1141. <https://doi.org/10.3390/math11051141>
- Chang, L. (2024). Application of Computer Image Processing and Recognition Technology. *Advances in Computer and Communication*, 5(2), 118–121.

- <https://doi.org/10.26855/acc.2024.04.004>
- Corlina, Y. (2022). Experiment of Processing Jackfruit Bean Flour in Making Pukis Cake. *Gastronomy: Gastronomy and Culinary Art*, 1(2), 67–77.
<https://jurnal.ampta.ac.id/index.php/Gastronomy/article/view/387>
- Khanam, R., Hussain, M., Hill, R., & Allen, P. (2024). A Comprehensive Review of Convolutional Neural Networks for Defect Detection in Industrial Applications. *IEEE Access*, 12, 94250–94295.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3425166>
- Kiran, K., Manne, S., Satyanarayana, B., Chandra, K. R., Sharmila, K. S., & Swathi, S. (2025). Deep Learning-Based Intelligent Image Processing for Automated Feature Extraction and Pattern Recognition. *International Conference on Information, Implementation, and Innovation in Technology (I2ITCON)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/I2ITCON65200.2025.11210539>
- Nfor, K. A., Armand, T. P. T., Ismaylovna, K. P., Joo, M.-I., & Kim, H.-C. (2025). An Explainable CNN and Vision Transformer-Based Approach for Real-Time Food Recognition. *Nutrients*, 17(2), 362.
<https://doi.org/10.3390/nu17020362>
- Roopa, B. S., Prema, K. N., & Smitha, S. M. (2024). Brief Study on Convolutional Neural Networks. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(5), 1–6.
<https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i05.28671>
- Sun, Q. (2024). Food Image Classification and Food Safety Detection based on Pretrained Convolutional Neural Network. *Third International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*.
<https://doi.org/10.1109/ICDCECE60827.2024.10548096>
- Taye, M. M. (2023). Theoretical Understanding of Convolutional Neural Network: Concepts, Architectures, Applications, Future Directions. *Computation*, 11(3), 52.
<https://doi.org/10.3390/computation11030052>
- Tribuana, D., Hazriani, & Arda, A. L. (2024). Image Preprocessing Approaches Toward Better Learning Performance with CNN. *RESTI: Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi*, 8(1), 1–9.
<https://doi.org/10.29207/resti.v8i1.5417>
- Xiao, Z., Wang, J., Han, L., Guo, S., & Cui, Q. (2022). Application of Machine Vision System in Food Detection. *Frontiers in Nutrition*, 9, 888245.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.888245>
- Zhu, L., Spachos, P., Pensini, E., & Plataniotis, K. N. (2021). Deep learning and machine vision for food processing: A survey. *Current Research in Food Science*, 4, 233–249.
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.009>



Alamat Redaksi

**Kampus 1 Institut Teknologi dan Bisnis Swadharma
Jl. Malaka No.3, Tambora, Jakarta Barat
email : jurnal.jris@swadharma.ac.id**

