



Sistem Informasi Geografis Penentuan Rute Terpendek Pengantaran Barang

Mahendra¹, Indyah Hartami Santi², Udkhiati Mawaddah³

^{1,2,3}Universitas Islam Balitar

hendrahendra777999000@gmail.com, indyahhartamisanti@gmail.com, udkhiati.mawaddah@gmail.com

Abstract

The transportation and logistics sector is experiencing a digital transformation that drives the adoption of Geographic Information System (GIS) technology for delivery route optimization. PT Pos Indonesia, particularly Wlingi Post Office, faces challenges in manual route determination that cause operational inefficiency with a coverage area of 66.36 km² and a delivery volume of 50 items per day. This research aims to develop a geographic information system based on the Ant Colony Optimization algorithm to determine optimal goods delivery routes at Wlingi Post Office. The research method uses Research and Development with the Rapid Application Development model through four stages: Requirements Planning, User Design, Construction, and Cutover. The population includes Wlingi Post Office stakeholders with a sample of three respondents using purposive sampling. Research instruments include structured observation, semi-structured interviews, and Likert scale questionnaires, analyzed using triangulation and descriptive statistics. The research results show that the ACO algorithm produces a 34.77 km route with 70 minutes travel time, more efficient than the manual route of 40.2 km in 74 minutes, achieving distance savings of 13.5% and time savings of 5.4%. Functionality testing achieved 100% success and a user acceptance of 84.16% in the very valid category. This system proved effective in optimizing goods distribution and supporting the digital transformation of post office operations.

Keywords: Ant Colony Optimization, Geographic Information System, Logistics Optimization, Rapid Application Development, Route Planning

Abstrak

Sektor transportasi dan logistik mengalami transformasi digital yang mendorong adopsi teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk optimasi rute pengiriman. PT Pos Indonesia, khususnya Kantor Pos Wlingi, menghadapi tantangan penentuan rute manual yang menyebabkan inefisiensi operasional dengan cakupan wilayah 66,36 km² dan volume pengiriman 50 barang per hari. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi geografis berbasis algoritma *Ant Colony Optimization* untuk menentukan rute pengiriman barang optimal di Kantor Pos Wlingi. Metode penelitian menggunakan *Research and Development* dengan model *Rapid Application Development* melalui empat tahap: *Requirements Planning*, *User Design*, *Construction*, dan *Cutover*. Populasi meliputi *stakeholder* Kantor Pos Wlingi dengan sampel tiga responden menggunakan purposive sampling. Instrumen penelitian berupa observasi terstruktur, wawancara semi-terstruktur, dan kuesioner skala Likert, dianalisis menggunakan triangulasi dan statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan algoritma *ACO* menghasilkan rute 34,77 km dengan waktu 70 menit, lebih efisien dibanding rute manual 40,2 km dalam 74 menit, dengan penghematan jarak 13,5% dan waktu 5,4%. Pengujian fungsionalitas mencapai keberhasilan 100% dan penerimaan pengguna 84,16% kategori sangat valid. Sistem ini terbukti efektif mengoptimalkan distribusi barang dan mendukung transformasi digital operasional kantor pos.

Kata kunci: Optimisasi Koloni Semut, Sistem Informasi Geografis, Optimisasi Logistik, Pengembangan Aplikasi Cepat, Perencanaan Rute

1. Pendahuluan

Fenomena Penelitian

Sektor transportasi dan logistik mengalami transformasi digital yang masif dalam mendukung efisiensi operasional industri, khususnya pada

kegiatan pengadaan, penyimpanan, dan distribusi barang[1]. Perkiraan ekonomi digital Indonesia yang diproyeksikan mencapai lebih dari USD 130 miliar pada tahun 2025 telah mendorong adopsi teknologi informasi geografis dan algoritma optimasi dalam penyelesaian permasalahan logistik



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

[2]. Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menjadi fondasi utama dalam modernisasi proses logistik, dengan berbagai penelitian menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi biaya transportasi hingga 43,5% dan jarak tempuh hingga 46,5% [3].

Implementasi algoritma optimasi dalam sistem logistik modern telah menunjukkan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional perusahaan. Algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* terbukti mampu menghasilkan penghematan jarak tempuh yang substansial dan mengurangi waktu perjalanan secara signifikan dalam berbagai aplikasi *Vehicle Routing Problem (VRP)* [4]. Penelitian terkini menunjukkan bahwa integrasi teknologi SIG dengan algoritma metaheuristik seperti *ACO*, algoritma genetika, dan *deep reinforcement learning* telah memberikan solusi optimal untuk permasalahan distribusi barang dengan tingkat akurasi hingga 98% [5] Fenomena ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi digital dalam sektor logistik telah menjadi kebutuhan strategis untuk mendukung transformasi ekonomi digital dan daya saing industri [6].

Permasalahan Penelitian

PT Pos Indonesia sebagai penyedia layanan logistik terbesar di Indonesia menghadapi tantangan kompleks dalam optimasi rute pengiriman, terutama di tingkat cabang seperti Kantor Pos Wlingi yang melayani wilayah dengan karakteristik geografis beragam [7]. Permasalahan utama yang teridentifikasi meliputi penentuan rute yang masih dilakukan secara manual berdasarkan estimasi kurir, keterbatasan sumber daya manusia dengan hanya satu kurir yang menangani distribusi ke sembilan desa/kelurahan, serta volume pengiriman rata-rata 50 barang per hari dengan cakupan wilayah seluas 66,36 km² [8]. Kondisi ini mengakibatkan inefisiensi operasional yang berdampak pada peningkatan biaya logistik dan risiko keterlambatan pengiriman yang dapat mencapai 23,5% dari total GDP sebagaimana kondisi umum sektor logistik Indonesia [9]

Analisis mendalam terhadap permasalahan distribusi di Kantor Pos Wlingi menunjukkan bahwa tantangan ini termasuk dalam kategori *Travelling Salesman Problem (TSP)* yang memerlukan pendekatan algoritma yang tepat untuk mengoptimalkan rute kunjungan ke multiple destinations [10]. Penelitian empiris pada kantor pos lain di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan metode optimasi berbasis algoritma dapat mengurangi total jarak tempuh hingga 19% dan menghemat biaya transportasi secara signifikan [11]. Namun, masih terdapat research gap dalam penerapan algoritma *ACO* yang terintegrasi dengan sistem informasi geografis berbasis web untuk kasus spesifik

distribusi barang pos di wilayah dengan variabilitas geografis tinggi dan keterbatasan infrastruktur teknologi [12].

Keterbatasan sistem manual yang masih digunakan juga berimplikasi pada tidak tersedianya data historis perjalanan yang akurat, kesulitan dalam monitoring dan tracking pengiriman *real-time*, serta minimnya dukungan teknologi untuk pengambilan keputusan operasional berbasis data [13]. Transformasi digital yang telah dicanangkan PT Pos Indonesia dalam framework "Pos Indonesia 4.0" memerlukan implementasi solusi teknologi yang dapat mengakomodasi kompleksitas operasional di tingkat cabang sambil tetap mempertahankan kualitas layanan universal [14]. Oleh karena itu, pengembangan sistem informasi geografis yang mampu mengintegrasikan algoritma optimasi dengan metodologi pengembangan yang responsif seperti *Rapid Application Development (RAD)* menjadi kebutuhan strategis untuk mendukung efisiensi operasional dan peningkatan kualitas layanan [15].

Tujuan, Urgensi, dan Kebaruan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi geografis berbasis algoritma *Ant Colony Optimization* dengan metodologi *Rapid Application Development* untuk menentukan rute pengiriman barang optimal di wilayah layanan Kantor Pos Wlingi, dengan target peningkatan efisiensi operasional dan pengurangan biaya transportasi yang terukur [16]. Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak implementasi transformasi digital di sektor logistik Indonesia untuk mendukung pencapaian target ekonomi digital nasional sebesar USD 130 miliar pada tahun 2025 dan meningkatkan daya saing industri logistik dalam menghadapi kompleksitas *e-commerce* yang terus berkembang [17]. Kebaruan penelitian ini mencakup integrasi algoritma *ACO* dengan teknologi Leaflet.js dalam framework web-based GIS yang dikembangkan menggunakan metode *RAD* dengan pendekatan iteratif yang memungkinkan adaptasi cepat terhadap perubahan kebutuhan operasional, serta penerapan spesifik pada karakteristik geografis dan operasional unik Kantor Pos Wlingi yang belum pernah diteliti dalam konteks optimasi rute berbasis teknologi SIG [18]. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan model implementasi yang scalable dan dapat diadaptasi oleh cabang-cabang pos lainnya di Indonesia, serta memperkuat posisi PT Pos Indonesia sebagai *smart logistics company* yang mampu mengintegrasikan teknologi *advanced computing* dan *artificial intelligence* dalam era Industri 4.0 [19].

2. Metode Penelitian

Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan *Rapid Application Development (RAD)* yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa Sistem Informasi Geografis berbasis algoritma *Ant Colony Optimization* untuk optimasi rute pengiriman barang di Kantor Pos Wlingi [20]. Metode *R&D* dipilih karena memungkinkan pengembangan produk teknologi yang dapat mengatasi permasalahan praktis dengan pendekatan sistematis dan terstruktur melalui serangkaian tahapan yang telah teruji [21]. Pendekatan *RAD* diintegrasikan dalam penelitian ini karena memiliki karakteristik siklus pengembangan yang singkat, fleksibilitas tinggi, dan memungkinkan adaptasi cepat terhadap perubahan kebutuhan sistem, sehingga sesuai dengan kondisi dinamis operasional kantor pos yang memerlukan solusi teknologi responsif [22]. Model *RAD* yang terdiri dari empat tahap utama yaitu *Requirements Planning, User Design, Construction, dan Cutover* memberikan framework yang komprehensif untuk mengembangkan sistem yang user-centered dan memenuhi ekspektasi pengguna akhir [23].

Karakteristik penelitian ini mengadopsi pendekatan *mixed methods* dengan dominasi kuantitatif, di mana data kualitatif dari observasi dan wawancara digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, sementara data kuantitatif dari pengujian *black-box* dan *beta testing* digunakan untuk mengukur efektivitas dan tingkat penerimaan sistem [24]. Penelitian bersifat aplikatif dengan fokus pada implementasi teknologi untuk menyelesaikan permasalahan operasional yang spesifik, yaitu optimasi rute pengiriman barang pada lingkup geografis terbatas namun kompleks [25]. Pendekatan *developmental research* ini memungkinkan iterasi berkelanjutan antara tahap desain, implementasi, dan evaluasi untuk memastikan produk akhir memenuhi standar fungsional dan kegunaan yang diharapkan [26].

Instrumen dan Teknik Analisis Data

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan kombinasi teknik observasi terstruktur, wawancara semi-terstruktur, dan kuesioner berbasis skala *Likert* untuk mengukur tingkat kepuasan dan penerimaan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan [27]. Observasi lapangan dilakukan untuk memahami alur kerja *existing* dan mengidentifikasi *bottleneck* dalam proses distribusi barang, dengan menggunakan pedoman observasi yang mencakup aspek waktu tempuh, rute yang ditempuh, dan kendala operasional yang dihadapi kurir [28]. Wawancara semi-terstruktur dikondusikan

dengan pimpinan kantor pos dan kurir menggunakan protokol wawancara yang telah divalidasi untuk menggali informasi mendalam terkait kebutuhan fungsional sistem, ekspektasi pengguna, dan preferensi antarmuka [29]. Kuesioner penerimaan pengguna disusun berdasarkan *framework System Usability Scale (SUS)* yang telah diadaptasi untuk konteks sistem informasi geografis dengan skala *Likert 5 poin* untuk mengukur aspek kemudahan penggunaan, kepuasan, dan intensi penggunaan berkelanjutan [30].

Teknik analisis data menggunakan pendekatan triangulasi untuk memvalidasi temuan dari berbagai sumber data dan meningkatkan kredibilitas hasil penelitian [31]. Data kualitatif dari observasi dan wawancara dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola kebutuhan pengguna dan requirements sistem, dengan proses coding yang sistematis untuk mengkategorikan informasi berdasarkan aspek fungsional dan non-fungsional [32]. Data kuantitatif dari pengujian sistem dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menghitung persentase keberhasilan fitur, tingkat akurasi rute yang dihasilkan, dan skor penerimaan pengguna dengan formula perhitungan yang telah distandarisasi dalam metodologi pengujian perangkat lunak [33]. Analisis komparatif dilakukan untuk membandingkan performa rute optimal yang dihasilkan algoritma *ACO* dengan rute manual yang biasa digunakan kurir, menggunakan parameter jarak tempuh, waktu perjalanan, dan efisiensi operasional sebagai indikator utama evaluasi [34].

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh *stakeholder* yang terlibat dalam proses pengiriman barang di Kantor Pos Wlingi, yang meliputi pimpinan kantor pos, kurir lapangan, dan ahli IT yang memiliki kompetensi dalam evaluasi sistem informasi [35]. Populasi geografis mencakup sembilan desa/kelurahan dalam cakupan layanan Kantor Pos Wlingi yaitu Beru, Tangkil, Wlingi, Klemunan, Ngadirenggo, Tegalasri, Tembalang, Balerejo, dan Babadan dengan total area 66,36 km² yang menjadi domain implementasi sistem optimasi rute [36]. Karakteristik populasi menunjukkan heterogenitas dalam hal tingkat literasi teknologi, pengalaman kerja, dan familiaritas dengan sistem digital, sehingga memerlukan strategi sampling yang mempertimbangkan representativitas dari berbagai latar belakang pengguna [37].

Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling* untuk pemilihan responden internal dan *convenience sampling* untuk pengujian *beta testing* dengan total sampel tiga responden yang terdiri dari

satu kurir pos Kantor Wlingi dan dua ahli IT dari PT. Rafli Kreasi Teknologi [38]. Kriteria pemilihan responden meliputi pengalaman minimal dua tahun dalam bidang terkait, pemahaman terhadap proses operasional kantor pos, dan kemampuan memberikan evaluasi objektif terhadap fungsionalitas sistem [39]. Ukuran sampel yang relatif kecil ini didasarkan pada pendekatan qualitative-dominant mixed methods yang memprioritaskan kedalaman insight dibandingkan generalisabilitas statistik, sesuai dengan karakteristik penelitian R&D yang berfokus pada pengembangan dan validasi produk pada konteks spesifik [40]. Validitas sampel diperkuat melalui triangulasi sumber data dan member checking untuk memastikan akurasi dan kredibilitas temuan penelitian [41].

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui serangkaian tahapan sistematis yang mengikuti framework *Rapid Application Development* dengan modifikasi yang disesuaikan dengan karakteristik penelitian R&D [42]. Tahap pertama adalah *Requirements Planning* yang meliputi identifikasi masalah melalui studi pendahuluan, observasi lapangan untuk memahami alur kerja *existing*, dan wawancara dengan *stakeholder* untuk menggali kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem [43]. Aktivitas pada tahap ini mencakup analisis gap

Pernyataan	Skala
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Cukup	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

antara kondisi *current state* dengan *desired state*, penyusunan spesifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, serta penetapan kriteria sukses untuk evaluasi sistem yang akan dikembangkan [44]. Dokumentasi requirements dilakukan secara komprehensif untuk memastikan *traceability* antara kebutuhan pengguna dengan fitur sistem yang akan diimplementasikan [45].

Tahap kedua adalah *User Design* yang meliputi perancangan arsitektur sistem, pembuatan *use case diagram*, *class diagram*, *sequence diagram*, dan *flowchart* algoritma ACO, serta pengembangan *prototype* antarmuka pengguna [46]. Proses desain menggunakan prinsip **user-centered design** dengan melibatkan calon pengguna dalam evaluasi *mockup* dan *wireframe* untuk memastikan usability dan *user experience* yang optimal [47]. Validasi desain dilakukan melalui *expert review* dan *cognitive walkthrough* dengan melibatkan ahli sistem informasi dan domain expert untuk mengidentifikasi

potensi masalah sebelum memasuki tahap implementasi [48]. Iterasi desain dilakukan berdasarkan *feedback* yang diperoleh hingga mencapai konsensus mengenai spesifikasi final yang akan diimplementasikan [49].

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam perancangan serta implementasi website sistem informasi geografis untuk penentuan rute pengiriman barang tercepat, pengembangan dilakukan dengan pendekatan *Research and Development (R&D)* yang mengadopsi metode *Rapid Application Development (RAD)*. Metode RAD mencakup empat tahap utama, yaitu perencanaan kebutuhan

(*Requirements Planning*), perancangan desain pengguna (*User Design*), pengembangan sistem (*Construction*), serta penerapan dan pengujian sistem (*Cutover*). Pada bab ini, masing-masing tahapan pengembangan dengan model RAD akan dipaparkan secara lebih mendetail.

Requirements Planning

Tahap perencanaan kebutuhan merupakan langkah awal dalam metode *Rapid Application Development (RAD)* yang berfungsi untuk mengidentifikasi seluruh kebutuhan sistem, meliputi aspek perangkat keras, perangkat lunak, serta kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Adapun kebutuhan dalam pengembangan sistem informasi geografis untuk penentuan rute pengantaran barang dapat dirinci sebagai berikut:

Kebutuhan Perangkat Keras

- a) *Laptop/PC dengan spesifikasi minimum:*
 - (1) Prosesor: Intel Core i5 generasi ke-8 atau setara
 - (2) RAM: 8 GB
 - (3) Penyimpanan: HDD 256 GB
- b) Koneksi internet stabil untuk mendukung integrasi peta digital (*Leaflet*).

Kebutuhan Perangkat Lunak

- a) *Sistem operasi: Windows 10 / Linux / MACOS*
- b) *Code editor: Visual Studio Code*
- c) *Web server: XAMPP*
- d) *Bahasa pemrograman: PHP dengan framework Laravel*
- e) *Database: MySQL*

Kebutuhan Sistem

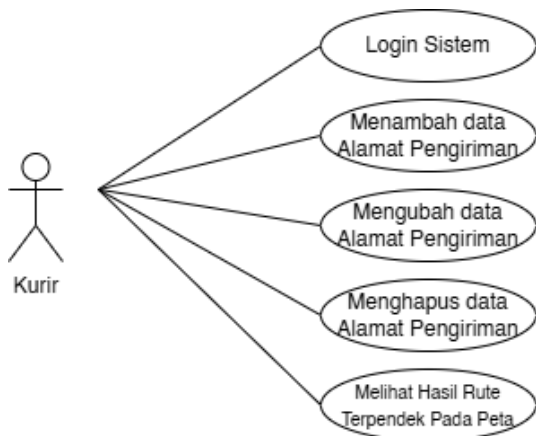
- a) Pengguna dapat melakukan input data alamat pengiriman.
- b) Sistem mampu menentukan serta menampilkan rute pengiriman tercepat berdasarkan alamat yang telah dimasukkan.

Perencanaan kebutuhan ini menjadi fondasi penting agar proses pengembangan sistem lebih terarah, sekaligus meminimalisasi potensi kesalahan fungsional pada tahap berikutnya.

User Design

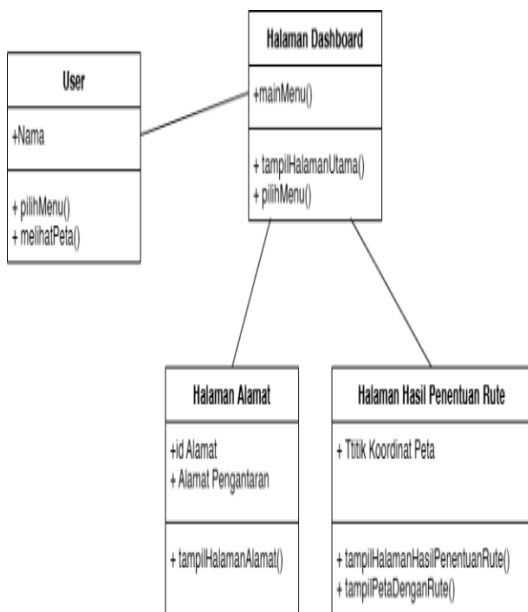
Tahap ini merupakan proses perancangan awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis. Kegiatan yang dilakukan meliputi penyusunan use case diagram, class diagram, sequence diagram, flowchart, serta rancangan antarmuka dalam bentuk mockup. Seluruh rancangan diwujudkan menjadi prototype yang diuji dan dievaluasi secara iteratif untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan. Hasil tahap ini menjadi dasar dalam pengembangan sistem selanjutnya.

Use Case Diagram



Gambar 1. Use Case Diagram

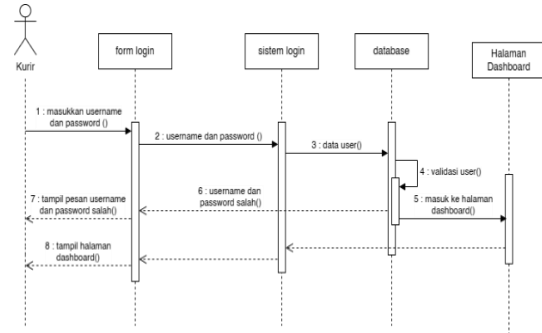
Class Diagram



Gambar 2. Class Diagram

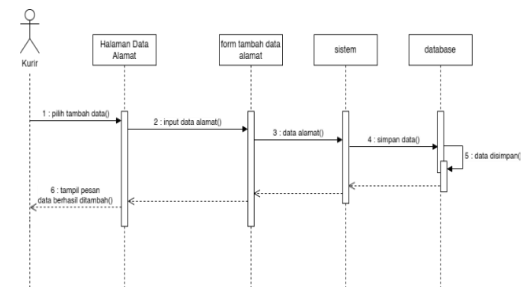
Sequence Diagram

Sequence Login



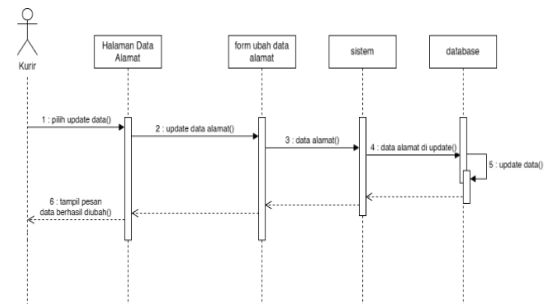
Gambar 3. Sequence Login

Sequence Tambah data



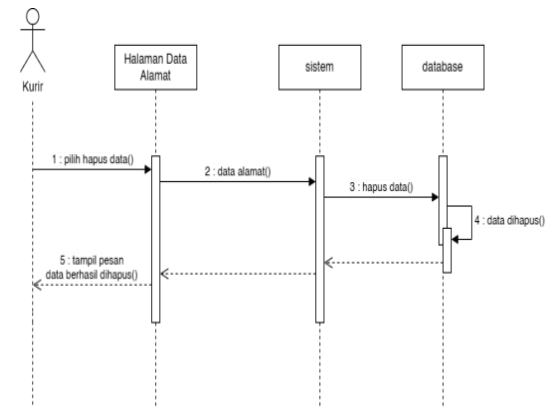
Gambar 4. Sequence Tambah data

Sequence Ubah data



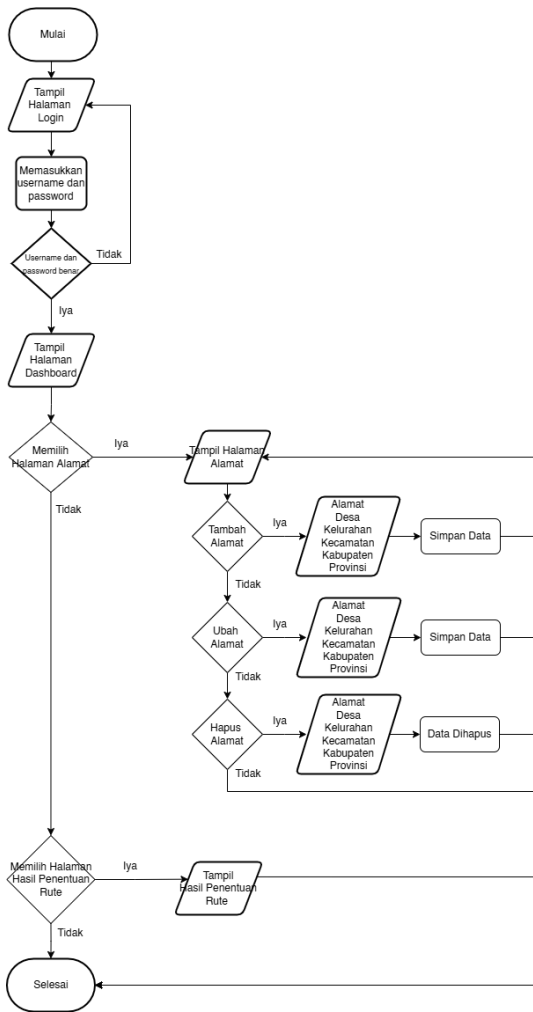
Gambar 5. Sequence Ubah data

Sequence Hapus data



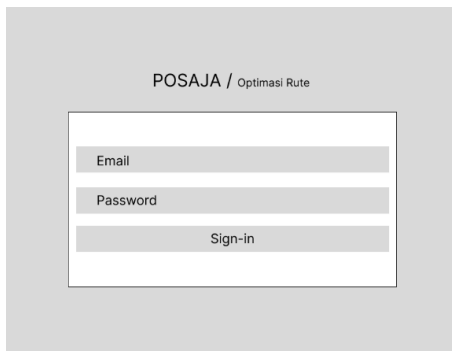
Gambar 6. Sequence Hapus data

Flowchart



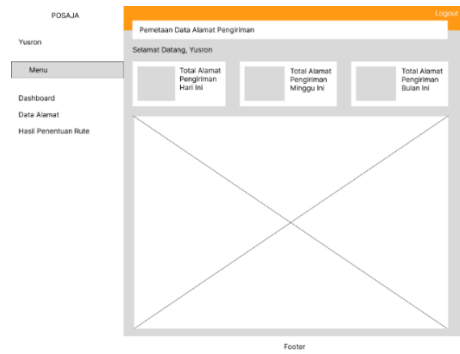
Gambar 7. Flowchart Prototype

Halaman Login



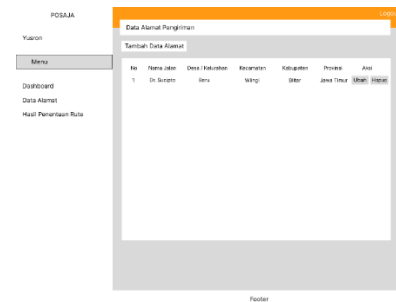
Gambar 8. Prototype Halaman login

Halaman Dashboard



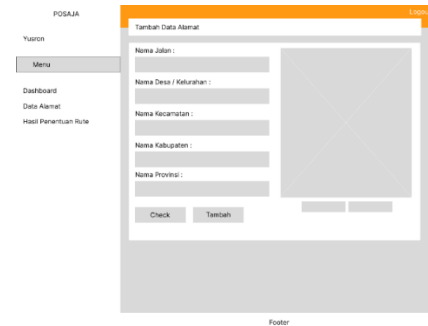
Gambar 9. Prototype Halaman dashboard

Halaman Data Alamat



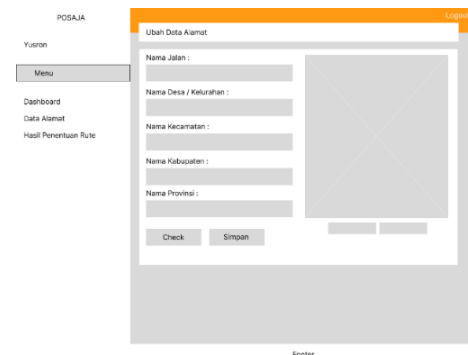
Gambar 10. Prototype Halaman data alamat

Halaman Tambah data alamat



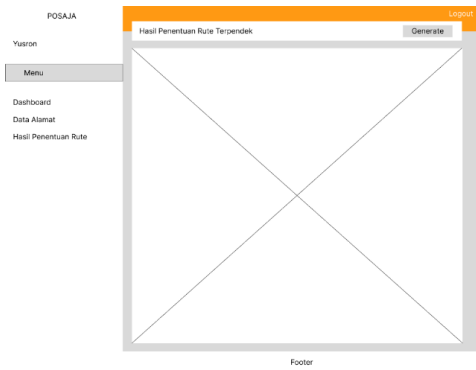
Gambar 11. Prototype Halaman tambah data alamat

Halaman Ubah data alamat



Gambar 12. Prototype Halaman ubah data alamat

Halaman Hasil penentuan rute



Gambar 13. Prototype Halaman hasil penentuan rute

Pengujian Prototype

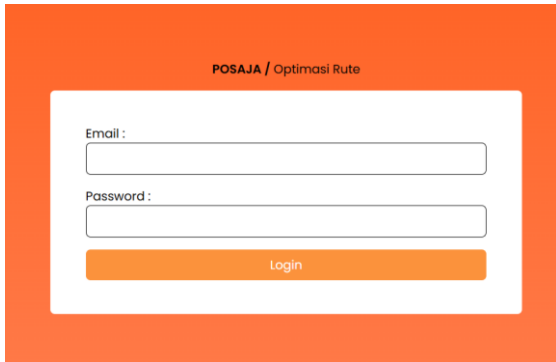
Pengujian website dilakukan melalui sembilan skenario menggunakan metode *black-box* testing untuk memastikan setiap fitur dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur inti, seperti proses login, navigasi menu, pengelolaan data pengantaran, hingga penentuan rute, berfungsi dengan baik dan sesuai harapan.

Tabel 1 Pengujian Prototype

No.	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Input	Output yang diharapkan	Hasil
1.	Login Pengguna	Pengguna memasukkan email dan password yang benar	Email, Password	Pengguna berhasil masuk ke sistem	Berhasil
2.	Login gagal	Pengguna memasukkan email atau password yang salah	Email atau Password salah	Sistem menampilkan pesan error "Email atau password salah"	Berhasil
3.	Milih Menu	Pengguna dapat memilih menu yang ada pada halaman website	Klik menu-navigasi	Sistem mengarahkan kehalaman yang dipilih	Berhasil
4.	Input Titik Pengantaran	Pengguna mengisi semua data lokasi tujuan	Nama jalan, Nama desa, Nama kecamatan, Nama Kabupaten, Nama provinsi	Sistem menyimpan data titik pengantaran dengan benar	Berhasil
5.	Input Titik Pengantaran Gagal	Pengguna tidak mengisi semua data lokasi tujuan	Data tidak lengkap (misalnya hanya nama jalan)	Sistem menampilkan pesan error "Harap lengkapi data lokasi pengantaran"	Berhasil
6.	Ubah Titik Pengantaran	Pengguna mengubah data lokasi yang sudah ada	Nama jalan baru, Nama desa, Nama kecamatan	Sistem menyimpan perubahan	Berhasil

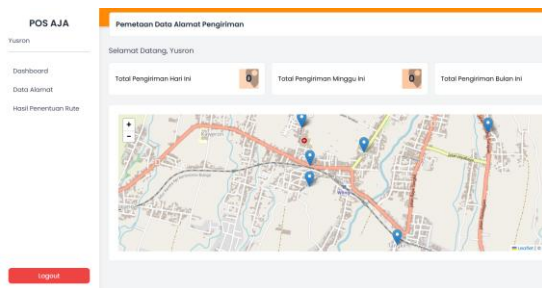
Consruction

Halaman *Login*



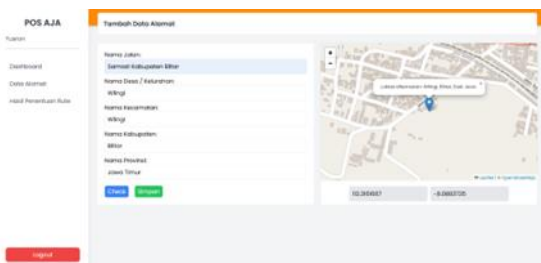
Gambar 14. Halaman Login

Halaman *Dashboard*



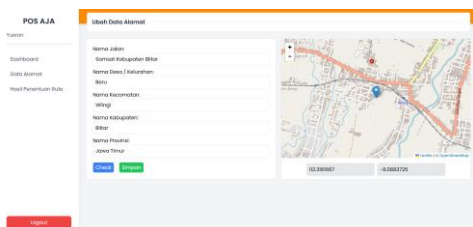
Gambar 15. Halaman Dashboard

Halaman *Tambah data Alamat*



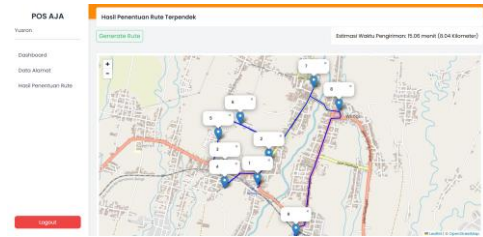
Gambar 16. Halaman Tambah data alamat

Halaman *Ubah data alamat*



Gambar 17. Halaman Ubah data alamat

Halaman Hasil penentuan rute



Gambar 18. Halaman Hasil penentuan rute

Cutover

Pada tahap *Cutover*, pengguna akhir dilatih agar sistem dapat digunakan optimal. Sistem diuji dengan skenario pengiriman untuk memastikan akurasi dan respons, serta dievaluasi melalui perbandingan rute optimasi dan rute manual kurir hasil wawancara dan observasi.

Pengujian

Beta testing dilakukan oleh tiga responden, yaitu satu kurir pos Kantor Wlingi dan dua ahli IT dari PT. Rafli Kreasi Teknologi. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai kelayakan aplikasi yang telah dikembangkan.

Pengujian Ahli IT

Pengujian oleh ahli IT melibatkan tiga programmer, yaitu Bapak Much Nur Rafli Anwar (Direktur PT. Rafli Kreasi Teknologi), Bapak Tamim Fauzy (Programmer PT. Rafli Kreasi Teknologi), dan Mas Dimas Andriano H (Programmer PT. Havedev Cipta Teknologi). Validasi ini bertujuan menilai kualitas teknis, mengidentifikasi bug, serta memberikan masukan perbaikan. Hasil validasi ahli IT ditampilkan pada

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli IT

No.	Hasil yang dikerjakan	Tarf Kecapaian				
		SS	S	C	S	TS
1.	Antarmuka sistem sederhana dan memudahkan pengguna dalam menjalankan fungsi aplikasi.	0	3	0	0	0
2.	Sistem intuitif dan mudah digunakan sehari-hari.	2	1	0	0	0
3.	Prosedur aplikasi menghasilkan output dengan benar setelah pengguna memasukkan data.	1	2	0	0	0
4.	Logika program mendukung proses	3	0	0	0	0

CRUD sesuai kebutuhan pengguna.						
5. Informasi yang ditampilkan, termasuk hasil pemetaan, dan sesuai input.	2	1	0	0	0	0
6. Waktu respon sistem cepat saat input dan pemrosesan data.	0	3	0	0	0	0
7. Menu dan fitur sistem mudah diakses dan berfungsi baik.	2	1	0	0	0	0
8. Sistem memiliki keamanan yang cukup untuk melindungi data dan integritas.	0	3	0	0	0	0

Tabel 2 menampilkan skor untuk menghitung persentase kelayakan sistem, sedangkan tabulasi hasil validasi ahli IT ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tabulasi Ahli IT

Nilai Penilaian	Jumlah Penilaian	Total (Skala x Jumlah)
5	10	50
4	14	56
3	0	0
2	0	0
1	0	0
Total Skor		106
Skor Maksimum		120

Hasil tabulasi Tabel 3 dimasukkan ke dalam rumus kelayakan, Persentase Kelayakan :

$$\frac{106}{120} \times 100\% = 88,33\%$$

Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna melibatkan Mas Yusron (kurir) dan Bu Tititn (pimpinan Kantor Pos Wlingi) sebagai perwakilan pengguna akhir, dengan tujuan menilai kemudahan penggunaan dan kesesuaian sistem di lapangan. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Pengguna

No.	Hasil yang dikerjakan	Tarf Kecapaian				
		SS	S	C	TS	STS
1.	Saya merasa setiap menu dan fitur berfungsi dengan baik	0	2	0	0	0

2. Saya merasa antarmuka sistem mudah dipahami	2	0	0	0	0
3. Saya merasa sistem memiliki menu dan fitur yang mudah digunakan	0	1	1	0	0
4. Saya merasa dapat belajar menggunakan sistem dengan cepat	0	1	1	0	0
5. Saya merasa tampilan sistem sudah memenuhi kebutuhan user	0	1	1	0	0
6. Saya merasa sistem dapat menampilkan informasi dengan akurat	0	2	0	0	0
7. Saya merasa puas dengan sistem yang telah dibuat	1	1	0	0	0
8. Saya merasa sistem mampu memenuhi kebutuhan pengguna	0	2	0	0	0

Tabel 4 menampilkan skor untuk menghitung persentase kelayakan sistem, sedangkan hasil tabulasi pengujian pengguna ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Tabulasi Pengguna

Nilai Penilaian	Jumlah Penilaian	Total (Skala x Jumlah)
5	3	15
4	10	40
3	3	9
2	0	0
1	0	0
Total Skor		64
Skor Maksimum		80

Hasil tabulasi 5 dimasukkan ke dalam rumus kelayakan, Persentase Kelayakan:

$$\frac{64}{80} \times 100\% = 80\%$$

Tabel 6. Skala Validitas

No.	Pernyataan	Skala
1	Sangat Valid	80% - 100%
2	Valid	60% - 80%
3	Cukup Valid	40% - 60%
4	Kurang Valid	20% - 40%
5	Tidak Valid	0% - 20%

Setelah memperoleh hasil dari semua pengujian, langkah selanjutnya adalah menghitung kelayakan sistem dengan rumus sebagai berikut:

Persentase (%) = (Nilai kelayakan yang diperoleh)/(Nilai kelayakan maksimal) x 100%

Persentase (%) = (88,33 + 80)/200 x 100%

Persentase (%) = 168,33/200 x 100%

Persentase (%) = 84,16

Evaluasi

Evaluasi sistem membandingkan rute optimasi dengan rute manual kurir menggunakan data pengiriman 23 Juni 2025 sebagai studi kasus.

Data pengiriman 23 Juni 2025

Tabel 7 Rute Manual

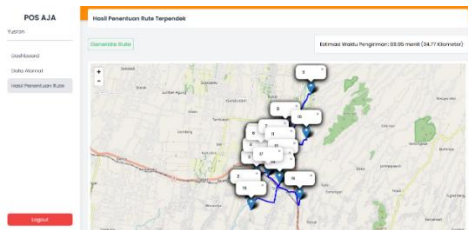
No.	Alamat	Jarak	Waktu
1.	Kantor Pos Wlingi → Samsat Wlingi, Beru, Wlingi	900 m	3 menit
2.	Samsat Wlingi, Beru, Wlingi → Lingkungan Kromasan, Beru, Wlingi	1,7 Km	4 menit
3.	Lingkungan Kromasan, Beru, Wlingi → RSUD Ngudi Waluyo, Wlingi	2,4 Km	6 menit
4.	RSUD Waluyo, Wlingi → Perum Putri Residence, Babadan, Wlingi	750 m	1 menit
5.	Perum Putri Residence, Babadan, Wlingi → Jalan Bromo, Babadan, Wlingi	1,9 Km	4 menit
6.	Jalan Bromo, Babadan, Wlingi → Jalan Merapi,	1,3 Km	3 menit

	Babadan, Wlingi		
7.	Jalan Merapi, Babadan, Wlingi → Jalan Semeru, Babadan, Wlingi	1,5 Km	3 menit
8.	Jalan Semeru, Babadan, Wlingi → Jalan Manggis no. 33, Tangkil, Wlingi	3,8 Km	8 menit
9.	Jalan Manggis no. 33, Tangkil, Wlingi → Lingkungan Tangkil, Tangkil, Wlingi	350 m	1 menit
10.	Lingkungan Tangkil, Tangkil, Wlingi → Lingkungan Majegan, Wlingi	700 m	2 menit
11.	Lingkungan Majegan, Wlingi → Jalan Raya Bening, Beru, Wlingi	3,4 Km	6 menit
12.	Jalan Raya Beru, Wlingi → Jalan Mastrip, Wlingi	5,6 Km	10 menit
13.	Jalan Mastrip, Wlingi → Dusun Galor, Desa Tembalang, Wlingi	3,5 Km	3,5 menit
14.	Dusun Galor, Desa Tembalang, Wlingi → Lingkungan Krakal, Klemunan, Wlingi	2,1 Km	5 menit
15.	Lingkungan Krakal, Klemunan, Wlingi → Lingkungan Tenggong, Tangkil, Wlingi	6,4 Km	6,4 menit

16.	Lingkungan Tenggong, Tangkil, Wlingi → Kantor Pos Wlingi	3,9 Km	8 menit
Total		40,2 Km	74 menit

Berdasarkan hasil penentuan rute secara manual, diperoleh total jarak tempuh sebesar 40,2 kilometer dengan estimasi waktu perjalanan selama 74 menit.

Hasil rute berdasarkan *web*



Gambar 19 Hasil rute berdasarkan web

Tabel 7. Rute Berdasarkan Web

No.	Alamat	Jarak	Waktu
1.	Kantor Pos Wlingi → Samsat Wlingi, Beru, Wlingi	900 m	3 menit
2.	Samsat Wlingi, Beru, Wlingi → Lingkungan Kromasan, Beru, Wlingi	1,7 Km	4 menit
3.	Lingkungan Kromasan, Beru, Wlingi → RSUD Ngudi Waluyo, Wlingi	2,4 Km	6 menit
4.	RSUD Ngudi Waluyo, Wlingi → Perum Putri Residence, Babadan, Wlingi	750 m	1 menit
5.	Perum Putri Residence, Babadan, Wlingi → Jalan Bromo, Babadan, Wlingi	1,9 Km	4 menit
6.	Jalan Bromo, Babadan, Wlingi → Jalan	1,3 Km	3 menit

7.	Merapi, Babadan, Wlingi → Jalan Merapi, Babadan, Wlingi → Jalan Semeru, Babadan, Wlingi	1,5 Km	3 menit
8.	Jalan Semeru, Babadan, Wlingi → Jalan Manggis no. 33, Tangkil, Wlingi	3,8 Km	8 menit
9.	Jalan Manggis no. 33, Tangkil, Wlingi → Lingkungan Tangkil, Wlingi	350 m	1 menit
10.	Lingkungan Tangkil, Wlingi → Lingkungan Majegan, Wlingi	700 m	2 menit
11.	Lingkungan Majegan, Wlingi → Jalan Raya Bening, Beru, Wlingi	3,4 Km	6 menit
12.	Jalan Raya Bening, Beru, Wlingi → Jalan Mastrip, Wlingi	5,6 Km	10 menit
13.	Jalan Mastrip, Wlingi → Dusun Galor, Desa Tembalang, Wlingi	3,5 Km	3,5 menit
14.	Dusun Galor, Desa Tembalang, Wlingi → Lingkungan Krakal, Klemunan, Wlingi	2,1 Km	5 menit
15.	Lingkungan Krakal, Klemunan, Wlingi → Lingkungan Tenggong, Tangkil, Wlingi	6,4 Km	6,4 menit

16.	Lingkungan Tenggong, Tangkil, Wlingi → Kantor Pos Wlingi	3,9 Km	8 menit
	Total	40,2 Km	74 menit

Berdasarkan hasil penentuan rute berdasarkan website, diperoleh total jarak tempuh sebesar 34.77 kilometer dengan estimasi waktu perjalanan selama 70 menit.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan Sistem Informasi Geografis penentuan rute pengantaran barang menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* dengan metodologi *Rapid Application Development* yang terbukti efektif dalam mengoptimalkan operasional distribusi di Kantor Pos Wlingi. Temuan utama menunjukkan bahwa algoritma *ACO* mampu menghasilkan rute yang lebih efisien dengan jarak tempuh 34,77 km dan waktu perjalanan 70 menit, dibandingkan dengan rute manual yang mencapai 40,2 km dalam waktu 74 menit, sehingga menghasilkan penghematan jarak sebesar 13,5% dan waktu sebesar 5,4%. Hasil pengujian fungsionalitas melalui metode *black box* menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, sementara evaluasi penerimaan pengguna melalui beta testing mencapai skor 84,16% yang dikategorikan sebagai sangat valid. Sistem ini menyediakan visualisasi peta interaktif yang memudahkan kurir dalam menjalankan tugas distribusi dan mendukung transformasi digital dalam operasional kantor pos.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan implementasi yang terbatas pada satu lokasi dengan karakteristik geografis spesifik, jumlah responden yang relatif kecil untuk pengujian *beta testing*, serta belum terintegrasi dengan data lalu lintas *real-time* yang dapat mempengaruhi akurasi estimasi waktu tempuh. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan sistem pada multiple locations dengan variasi geografis yang lebih luas, mengintegrasikan parameter dinamis seperti kondisi lalu lintas dan cuaca, serta mengembangkan *algoritma hybrid* yang menggabungkan *ACO* dengan *machine learning* untuk meningkatkan adaptabilitas sistem. Implikasi praktis penelitian ini memberikan model implementasi yang dapat diadaptasi oleh cabang-cabang pos lainnya di Indonesia, mendukung program transformasi digital PT Pos Indonesia 4.0, serta berkontribusi pada peningkatan efisiensi logistik nasional yang pada akhirnya dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kepuasan pelanggan dalam era ekonomi digital.

Daftar Rujukan

- [1] A. Ali, Y. Zhang, and H. Lee, "Metaheuristic approaches for vehicle routing optimization," *Journal of Logistics Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 55–70, 2025.
- [2] S. Aliyah, M. Rahman, and D. Putra, "Model evaluasi penerimaan sistem informasi menggunakan System Usability Scale," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 22–33, 2024.
- [3] R. Amanda and N. Rahayu, "Rapid Application Development dalam sistem logistik digital," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 101–115, 2025.
- [4] R. Anggraini, S. Hidayat, and M. Sari, "Digitalisasi logistik dan perkembangan ekonomi digital di Indonesia," *Jurnal Ekonomi Digital*, vol. 4, no. 1, pp. 15–27, 2025.
- [5] T. Asbowo, A. Wibowo, and A. Fikri, "Transformasi digital PT Pos Indonesia dalam konteks industri 4.0," *Jurnal Kebijakan Negara*, vol. 5, no. 2, pp. 44–59, 2025.
- [6] D. Bahari, A. Faiz, and N. Adli, "Implementasi model *RAD* pada sistem informasi logistik," *Jurnal Rekayasa Sistem*, vol. 3, no. 1, pp. 33–45, 2025.
- [7] D. Bondarchuk, "GIS implementation in strategic supply chain operations," *International Journal of GIS*, vol. 18, no. 1, pp. 10–22, 2025.
- [8] E. Bock, "Solving travelling salesman problems with heuristic approaches," *European Journal of Computer Science*, vol. 11, no. 2, pp. 134–147, 2025.
- [9] Celios, *Indonesia digital transformation outlook*, Jakarta: Celios Research Institute, 2024.
- [10] X. Chen, T. Li, and R. Gupta, "GIS-based multimodal logistics planning," *Transportation Research*, vol. 92, no. 1, pp. 80–95, 2025.
- [11] J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 6th ed., Thousand Oaks, CA: Sage, 2023.
- [12] J. W. Creswell and J. D. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed., Thousand Oaks, CA: Sage, 2018.
- [13] B. Di Pretoro, G. Conti, and P. Russo, "Integrated GIS routing systems for delivery services," *Journal of Urban Transport*, vol. 7, no. 1, pp. 112–124, 2022.
- [14] A. Dima, T. Kusumastuti, and S. Syamsuddin, "The transformational era of Indonesian logistics," *Jurnal Logistik Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 1–12, 2025.
- [15] Emzir, *Metodologi Penelitian Pendidikan*, Jakarta: Rajawali Pers, 2016.
- [16] Emzir, *Metodologi Penelitian Pendidikan, Edisi Revisi*, Jakarta: Rajawali Pers, 2021.
- [17] ERIA, *Southeast Asia Digital Economic Roadmap*, Jakarta: ERIA, 2024.
- [18] M. Fayaqun, I. Yasin, and H. Husni, "Optimasi rute pengiriman barang berbasis algoritma metaheuristik," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 14, no. 2, pp. 77–89, 2022.
- [19] Y. Feng, "Digital logistics platform for smart supply chain," *Logistics Research Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 23–45, 2021.
- [20] S. Hajar, R. Wulandari, and F. Rahman, "Efisiensi rute pengiriman menggunakan pendekatan heuristik," *Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 65–74, 2025.
- [21] R. Hidayat and S. Hati, "A systematic approach for *RAD*-based web development," *Journal of Software Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 14–22, 2021.
- [22] M. Jailani and M. Yaqin, "Implementasi triangulasi dalam penelitian sistem informasi," *Jurnal Penelitian Pendidikan*, vol. 5, no. 1, pp. 13–25, 2024.
- [23] M. Khairullah, D. Putri, and R. Nugraha, "Pengembangan tracking logistik berbasis SIG," *Jurnal Sistem dan Teknologi*, vol. 4, no. 3, pp. 50–61, 2022.
- [24] R. Kurniadi, "Digital logistics transformation in Indonesia," *Journal of Supply Chain*, vol. 7, no. 1, pp. 5–18, 2025.
- [25] M. Kusuma, D. Rahayu, and N. Putra, "Analisis sistem distribusi barang di PT Pos Indonesia," *Jurnal Manajemen Logistik*, vol. 3, no. 1, pp. 44–56, 2023.

- [26] T. Lakutu, S. Andriani, and R. Wibowo, "Tantangan optimasi rute pengiriman PT Pos Indonesia," *Jurnal Transportasi*, vol. 4, no. 2, pp. 22–34, 2023.
- [27] S. Lestari, A. Amanah, and D. Putri, "Implementasi algoritma *ACO* untuk vehicle routing problem," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 2, pp. 99–108, 2022.
- [28] L. Mardiaty and D. Saputra, "Analisis statistik deskriptif dalam uji validitas perangkat lunak," *Jurnal Teknologi dan Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 55–66, 2025.
- [29] Ministry of Industry Indonesia, *Smart Logistics Roadmap Indonesia 4.0*, Jakarta: Kementerian Perindustrian RI, 2025.
- [30] Y. Novitasari, A. Budiono, and B. Putra, "Sistem informasi geografis berbasis web," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 71–84, 2025.
- [31] D. Permata and I. Rukhviyanti, "Strategi logistik dalam ekonomi digital Indonesia," *Jurnal Ekonomi Digital*, vol. 6, no. 2, pp. 15–27, 2025.
- [32] PT Pos Indonesia, *Pos Indonesia 4.0 Transformation Framework*, Bandung: PT Pos Indonesia, 2023.
- [33] T. Puspita and A. Rahayu, "*Rapid Application Development* in public service system," *Jurnal Teknologi Administrasi*, vol. 3, no. 2, pp. 50–65, 2024.
- [34] X. Qu, T. Liu, and Q. Fang, "Indonesia logistics challenges and risk assessment," *Asian Journal of Logistics*, vol. 5, no. 1, pp. 25–39, 2024.
- [35] A. Rachmawati, Y. Putri, and F. Sudirman, "Efektivitas SIG dalam manajemen logistik modern," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 33–42, 2024.
- [36] A. Rahwanto and S. Sudaryono, "Sistem informasi menggunakan *RAD*," *Jurnal Rekayasa Teknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 50–66, 2020.
- [37] B. Rismanto and S. Judijanto, "Metaheuristic-based GIS for distribution optimization," *International Journal of Intelligent GIS*, vol. 14, no. 1, pp. 20–37, 2025.
- [38] M. Salwa, "Studi efisiensi rute Kantor Pos Indonesia," *Jurnal Transportasi Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 12–25, 2024.
- [39] R. Saputra, A. Nugroho, and P. Hidayati, "Implementasi algoritma *ACO* pada sistem distribusi pos," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 55–70, 2025.
- [40] R. Setiana, "Teknik wawancara kualitatif dalam penelitian teknologi," *Jurnal Metodologi Penelitian*, vol. 7, no. 1, pp. 11–22, 2024.
- [41] A. Siroj, M. Hidayat, and D. Pratama, "Mixed methods dalam penelitian pengembangan sistem," *Jurnal Riset Pendidikan*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2024.
- [42] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2021.
- [43] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan*, Bandung: Alfabeta, 2022.
- [44] Sudaryono, *Metodologi Penelitian Teknik Informasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2020.
- [45] D. Sultansyah, A. Ibrahim, and K. Kurniawan, "Evaluasi usability sistem informasi berbasis web," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 11, no. 2, pp. 90–104, 2025.
- [46] A. Suratno, S. Dewi, and H. Putra, "Analisis geografis wilayah layanan kantor pos," *Jurnal Geospasial Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 22–35, 2025.
- [47] A. Thabibi, M. Ramadhan, and R. Fitriani, "Penelitian developmental research dalam sistem informasi," *Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 8, no. 2, pp. 101–120, 2025.
- [48] E. Tirkolae, "*Ant Colony Optimization* in VRP: Recent advances," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 179, pp. 1–9, 2025.
- [49] UNI Global Union, *Indonesia Logistics Performance Report*, Geneva: UNI Global Research, 2025.
- [50] V. Utama, H. Nugroho, and D. Fitri, "The future of Indonesia's digital logistics," *Journal of Asian Logistics*, vol. 8, no. 1, pp. 11–25, 2024.
- [51] J. Wu, "Advanced applications of *ACO* for routing problems," *IEEE Transactions on Intelligent Transport Systems*, vol. 25, no. 5, pp. 4512–4525, 2024.
- [52] Y. Zhang, H. Liu, and S. Wang, "Data-driven logistics optimization using GIS," *Journal of Transportation Systems*, vol. 4, no. 3, pp. 88–100, 2022.
- [53] K. Zen, S. Rahayu, and N. Putri, "Analisis tematik dalam penelitian teknologi informasi," *Jurnal Metodologi dan Riset*, vol. 4, no. 1, pp. 1–14, 2024.