

B1-B4-Mahendra---Revisi-- Sidang----Check.pdf

by JASA PENGECEKAN PLAGIASI WHATSAPP: 085935293540

Submission date: 30-Jul-2025 05:04PM (UTC+0400)

Submission ID: 2709222835

File name: B1-B4-Mahendra---Revisi--Sidang----Check.pdf (2.41M)

Word count: 17726

Character count: 111940

PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang Masalah**

Dalam lingkungan industri, sektor transportasi memainkan peranan yang sangat krusial dalam kelancaran operasionalnya. Dalam segi peran, transportasi berkaitan dengan kegiatan logistik. Kegiatan logistik tersebut meliputi pengadaan barang, penyimpanan barang, serta pengiriman barang (Khairunnisa dkk., 2023). Salah satu perusahaan yang beroperasi dalam sektor pengiriman barang adalah PT Pos Indonesia atau Kantor Pos. Proses pengiriman barang di Kantor Pos dimulai dengan pengecekan kondisi barang sebelum diserahkan kepada kurir untuk dikirimkan ke alamat tujuan. Namun, keterlambatan dalam pengiriman sering kali disebabkan oleh jumlah barang yang harus dikirim ke berbagai lokasi yang berbeda.¹³⁶ Kondisi ini diperburuk oleh kurang optimalnya metode penentuan rute yang masih dilakukan secara manual dan berdasarkan perkiraan (Lakutu dkk., 2023).

Kantor Pos Wlingi, sebagai cabang dari Kantor Pos Blitar, menghadapi tantangan yang serupa. Dengan cakupan area yang luas yaitu $66,36 \text{ Km}^2$ meliputi Beru, Tangkil, Wlingi, Klemunan, Ngadirenggo, Tegalasri, Tembalang, Balerejo, dan Babadan proses pengiriman barang menjadi lebih kompleks. Tantangan tambahan seperti Kondisi cuaca, 50 barang yang harus di kirim per harinya, serta terbatasnya 1 kurir yang menggunakan rute secara manual dan berdasar perkiraan dapat menyebabkan waktu tempuh lebih lama dan berpotensi keterlambatan pengiriman barang. Permasalahan utama dalam pencarian rute menuju lokasi tujuan adalah metode yang kurang efektif, karena masih dilakukan secara manual.

Efisiensi pengiriman sangat penting bagi kinerja perusahaan, karena berdampak langsung pada ketepatan dan kecepatan layanan kepada pelanggan (Kusuma dkk., 2023).

⁷⁸ Untuk mengatasi masalah yang terjadi, diperlukan sebuah solusi berbasis teknologi yang dapat menentukan rute terpendek pengiriman barang. Satu diantara beberapa solusi yang dapat diterapkan adalah Sistem Informasi Geografis yang memanfaatkan algoritma *ant colony optimization* sebagai basis dengan tujuan penentapan rutenya. Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu sebuah sistem yang tersusun dari berbagai komponen, termasuk *software*, *hardware*, data geografis, serta tenaga manusia yang berkolaborasi guna melakukan penginputan, penyimpanan, perbaikan, pembaruan, pengelolaan, manipulasi, integrasi, analisis, dan penyajian data dalam bentuk informasi yang berbasis pada aspek geografis. (Adil, 2018). Dalam konteks logistik Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki tugas penting dalam mengoptimalkan rute pengiriman dengan memungkinkan visualisasi data geografis. Penggunaan SIG bisa menolong perusahaan dalam membuat Keputusan yang lebih baik terkait pemilihan rute yang efisien dan mengintegrasikan dalam manajemen logistic mereka (Shipper, 2024).

Penelitian terkait penerapan Sistem Informasi geografis dalam penentuan rute sudah banyak dilakukan. Sebagai contoh, (Lestari dkk., 2022) menggunakan algoritma Dijkstra dalam SIG dapat menunjukkan tempat bisnis konveksi paling dekat dari posisi pengguna berada. Penelitian oleh (Purwanto dkk., 2024) membuat Sistem informasi geografis untuk pemandu wisata yang mengidentifikasi rute terpendek di Kabupaten Ketapang menunjukkan bahwa aplikasi wisata Ketapang,

yang menggunakan algoritma Dijkstra, memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan selisih jarak minimal sebesar 0,13 km jika dibandingkan dengan Google Maps. Penelitian selanjutnya oleh (Khairullah dkk., 2022) membuat sebuah aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk memetakan tempat pelatihan penjak silat dengan basis algoritma Djikstra sebagai penentuan rutenya.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut berhasil menggunakan algoritma Dijkstra untuk menemukan rute terpendek, algoritma ini tidak cocok untuk diterapkan dalam permasalahan pengantaran barang di Kantor Pos. Hal ini dikarenakan masalah pengantaran barang pada kantor pos termasuk dalam kategori ¹⁰⁵ *Travelling Salesman Problem*. *Travelling Salesman Problem* adalah suatu permasalahan yang bertujuan demi memastikan rute terpendek yang akan dilalui oleh seorang kurir, yang harus mengunjungi sejumlah titik lokasi tujuan tanpa mengunjungi lokasi yang sama lebih dari sekali (Perdana, 2022). Algoritma dijkstra tidak cocok untuk mengatasi masalah traveling salesman problem karena algoritma ini dirancang untuk menemukan jalur paling singkat ⁴⁰ dari satu lokasi ke lokasi lainnya. dalam graf dengan bobot non-negatif (Umar dkk., 2021).

Sebagai gantinya Algoritma yang akan digunakan adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang telah terbukti efektif dalam menangani masalah TSP skala besar (Saputra dkk., 2025). Ant Colony Optimization (ACO) terinspirasi oleh perilaku alami koloni *semut* yang efisien ⁶⁰ dalam menemukan jalur terpendek dari sarang ke sumber makanan dan kembali. Selama perjalanan menuju sumber makanan, semut meninggalkan jejak zat di setiap lokasi yang dilalui untuk menandai jalur tersebut. Dalam algoritma ACO, agen-agen buatan berfungsi mirip ⁸³

dengan semut yang menjelajahi ruang solusi dari suatu masalah. Mereka secara bertahap mengembangkan solusi yang lebih optimal dengan memanfaatkan jejak feromon yang diperbarui sesuai dengan kualitas solusi yang diperoleh pada iterasi sebelumnya. *Ant Colony Optimization* (ACO) telah diterapkan dalam berbagai konteks, termasuk dalam proses pengumpulan sampah, untuk menentukan jalur terpendek yang paling efisien. Penerapan ini mencerminkan kemampuan ACO dalam menangani masalah rute secara efektif dan memberikan ilustrasi nyata tentang penggunaan ACO yang berkaitan dengan permasalahan Traveling Salesman Problem (TSP) (Saputra dkk., 2025).

Selain itu model pengembangan aplikasi akan memakai RAD. RAD dipilih karena menawarkan siklus pengembangan sistem yang lebih singkat dan fleksibel, yang memungkinkan pengembang untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kebutuhan. Selain itu, metode ini juga meningkatkan keterlibatan pengguna secara proaktif pada proses pengembangan, sehingga mereka dapat memberikan respons yang berharga. Dengan pendekatan ini, kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pengembangan dapat diminimalkan, menghasilkan sistem yang lebih sesuai dengan harapan pengguna (Hidayat & Hati, 2021).

⁷⁰ Sistem Informasi Geografis yang akan dibangun dalam penelitian ini memiliki kemiripan dengan aplikasi navigasi seperti Google Maps dan Waze. Namun, terdapat perbedaan mendasar dalam fungsionalitasnya. Google Maps dan Waze membantu pengguna menemukan rute tercepat berdasarkan kondisi lalu lintas dan jarak tempuh, tetapi tidak memiliki fitur optimasi rute berdasarkan sejumlah titik tujuan yang telah dimasukkan pengguna. Sistem yang akan dibangun

memungkinkan pengguna memasukkan beberapa titik tujuan sekaligus, dan sistem akan secara otomatis menghitung serta menentukan urutan perjalanan yang paling optimal. Dengan demikian, sistem ini mampu meningkatkan efisiensi pengiriman barang dengan meminimalkan waktu tempuh dan biaya operasional, yang tidak dapat dilakukan oleh Google Maps dan Waze.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada Kantor Pos Wlingi dan hasil penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah Sistem Informasi Geografis berbasis algoritma *Ant Colony Optimization* yang dapat membantu menentukan rute pengiriman barang paling optimal di wilayah cakupan Kantor Pos Wlingi. Dengan sistem ini, diharapkan dapat membuat proses pengiriman barang menjadi lebih efisien, sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membangun Sistem Informasi Geografis dengan menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* untuk pencarian rute terpendek pengantaran barang di Kantor Pos Wlingi?
2. Bagaimana hasil pengujian menggunakan metode *black box testing* dan *beta testing* terhadap Sistem Informasi Geografis yang telah dibangun?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang dan membangun Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis ²⁷ Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk menentukan rute terpendek pengantaran barang.
2. Melakukan pengujian *blackbox testing* dan *beta testing* terhadap Sistem Informasi Geografis yang telah dibangun untuk menilai fungsionalitas dan keandalannya.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat antara-lain :

1. Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan tentang perancangan Sistem Informasi Geografis dengan ⁹ menerapkan algoritma djikstra untuk mencari rute terpendek pengiriman barang di Kantor Pos Wlingi.

2. Bagi Instansi

Dapat memberikan solusi bagi Kantor Pos Wlingi dalam meningkatkan efisiensi pengiriman barang. Implementasi SIG dalam proses pengiriman barang ini diharapkan dapat meminimalkan waktu tempuh sehingga dapat mempercepat proses distribusi barang ke berbagai wilayah cangkupan kantor Pos Wlingi.

3. Bagi Universitas Islam Balitar

Mengukur sejauh mana mahasiswa dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah mereka peroleh selama proses perkuliahan. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang didapatkan

dalam lingkungan praktis, serta menghasilkan solusi yang relevan untuk industri lokal, khususnya dalam hal sistem logistik dan teknologi informasi.

62 1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dibatasi pada wilayah cakupan Kantor Pos Wlingi, yaitu Beru, Tangkil, Wlingi, Klemunan, Ngadirenggo, Tegalasri, Tembalang, Balerejo, dan Babadan.
2. Penentuan rute pengiriman barang dalam penelitian ini hanya menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* sebagai metode pencarian rute terpendek. Algoritma lain tidak akan digunakan atau dibandingkan dalam penelitian ini.
3. Perancangan dari sistem yang akan dibangun menggunakan *Unified Model Language*.
4. Pembangunan Sistem Informasi Geografis akan berbasis website dan menggunakan bahasa pemrograman Laravel serta menggunakan MySQL sebagai basis untuk database.
5. Sistem Informasi Geografis yang dibangun akan memiliki fitur estimasi waktu, namun tidak mencakup perkiraan kondisi kerusakan jalan, cuaca, dan kemacetan.
6. Data yang digunakan dalam sistem adalah data jalan dan lokasi yang bersumber dari paket yang akan diantar oleh kurir Kantor Pos Wlingi pada 23 Januari 2025.

7. Pengujian *Blackbox Testing* dilakukan langsung oleh penulis untuk menguji fungsi-fungsi sistem berdasarkan masukan dan keluaran yang dihasilkan, tanpa memperhatikan struktur internal kode.
8. Pengujian *Beta Testing* melibatkan pihak eksternal sebagai pengguna akhir, yaitu 1 pimpinan dan 1 kurir dari Kantor Pos Wlingi. Selain itu, pengujian juga dilakukan oleh 3 ahli IT, terdiri dari 2 orang dari PT. Rafli Kreasi Teknologi dan 1 orang dari PT. Havedev Cipta Teknologi.
9. Sistem Informasi Geografis yang dibangun akan digunakan oleh Kurir dari Kantor Pos Wlingi

1.6 Sistematika Penelitian

Dalam penulisan penelitian ini sistematika pembahasan dibagi menjadi 5 bab dengan rincian sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah penelitian terkait pengantaran barang pada Kantor Pos Wlingi dimana luasnya daerah wlingi seluas $66,36 \text{ Km}^2$ serta volume pengantaran barang sebanyak 50 barang yang tidak sebanding dengan jumlah kurir yang tersedia yaitu 1 kurir. Dengan menerapkan *Rapid Application Development* sebagai model pengembangan beserta algoritma *ant colony optimization*, aplikasi yang akan dikembangkan adalah Sistem Informasi Geografis untuk penentuan rute. Pada bab ini terdapat juga perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan dasar teori terkait hal-hal yang berhubungan dengan judul penelitian, antara lain Sistem Informasi Geografis, rute terpendek, pengantaran barang, model pengembangan *Rapid Application Development, Unified Model Language, Beta testing*, serta Algoritma *ant colony optimization*. Selain dasar teori, tetapi juga merangkum hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.¹⁴⁶ ⁸⁷

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan kapan dan dimana tempat penelitian yaitu pada Kantor Pos Wlingi mulai dari bulan November 2024 hingga Mei 2025. Jenis penelitian yaitu menggunakan *Research and Development* dengan model pengembangan *Rapid Application Development*. Pengumpulan data menggunakan metode observasi dan wawancara. Selain itu pada bab ini pula akan dibahas tahap-tahap penelitian yang berisi alur proses penelitian.¹¹⁵ ¹⁴⁵

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari proses perancangan dan pembangunan sistem informasi geografis untuk menentukan rute pengiriman barang tercepat menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dan metode *Rapid Application Development* (RAD). Pembahasan mencakup tahapan-tahapan pengembangan sistem sesuai model RAD, hasil pengujian sistem, serta analisis efektivitas algoritma dalam menghasilkan rute yang lebih efisien dibandingkan metode manual.

6 **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi penarikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai perancangan dan pembangunan Sistem Informasi Geografis untuk penentuan rute terpendek pengantaran barang menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) dan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Kesimpulan disusun berdasarkan rumusan masalah yang telah dijawab melalui tahapan pengembangan dan hasil pengujian sistem. Selain itu, disampaikan pula saran-saran yang ditujukan untuk pengembangan sistem lebih lanjut maupun sebagai referensi bagi penelitian sejenis di masa mendatang.

8
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

A. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu sebuah sistem yang tersusun dari berbagai komponen, termasuk *software*, *hardware*, data geografis, dan tenaga manusia, yang beroperasi secara sinergis untuk melaksanakan berbagai proses seperti penginputan, penyimpanan, perbaikan, pembaruan, pengelolaan, manipulasi, integrasi, analisis, dan penyajian data dalam bentuk informasi yang berbasis pada aspek geografis. SIG memiliki kemampuan untuk mengaitkan berbagai jenis data dengan lokasi tertentu di permukaan bumi, menggabungkan, menganalisis, serta memetakan hasilnya, dan akhirnya menampilkan informasi tersebut dalam format grafis maupun tabel. Data yang dikelola dalam SIG adalah data spasial, yang berfokus pada lokasi geografis dan berhubungan dengan sistem koordinat tertentu (Adil, 2017).

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat didefinisikan seperti perangkat yang digunakan untuk pengumpulan, penyimpanan, penyajian, dan pengaitan data spasial dari berbagai fenomena geografis. Tujuan dari SIG adalah untuk menganalisis data tersebut dan menyampaikan hasil analisis kepada pengguna, sehingga dapat mendukung pengambilan Keputusan (Gunawan, 1995, dirangkum dari beberapa literatur).

131

Star dan Ester (1990) menjabarkan Sistem Informasi Geografis (SIG) secara umum sebuah sistem yang didasarkan pada teknologi komputer dan memiliki peran dalam menangkap, menyimpan, mengambil kembali, menganalisis, serta menampilkan data yang bersifat spasial. Dengan kemampuan ini, GIS sangat efektif dalam menangani permasalahan kompleks yang berkaitan dengan penelitian, perencanaan, pelaporan, serta pengelolaan sumber daya dan lingkungan.

Burrough dan McDonnel (1998) mendefinisikan Sistem Informasi Geografis (SIG) dari tiga perspektif: sebagai alat (tool box), sebagai basis data (database), dan sebagai organisasi. Dengan demikian, GIS dapat dipahami sebagai sistem yang handal dalam pengelolaan data spasial serta sebagai sistem penunjang keputusan. Dalam konteks ini, penting untuk dicatat bahwa GIS tidak dapat dipahami hanya dari satu sudut pandang, seperti hanya sebagai sebuah sistem. Sebaliknya, GIS memiliki dua esensi utama, yaitu dari aspek struktur dan fungsi. Dilihat dari segi susunannya, GIS terdiri dari berbagai komponen, termasuk *software*, *hardware*, kumpulan data, sistem manajemen data, serta jaringan tempat GIS diterapkan. Sementara itu, dari segi fungsinya, GIS mencakup berbagai hal yang berkaitan dengan apa yang dapat dilakukan, bagaimana GIS menjalankan fungsinya, siapa saja yang dilayani, dan untuk tujuan apa GIS digunakan.

117

Berdasarkan sejumlah penjelasan mengenai Sistem Informasi Geografis (SIG), dapat disimpulkan bahwa SIG adalah sistem yang didasarkan pada teknologi komputer yang dibuat untuk pengumpulan, penyimpanan, pengelola, penganalisis, dan penyajian data spasial atau geografis. Sistem ini mengintegrasikan berbagai komponen, termasuk *software*, *hardware*, data geografis, serta sumber daya

¹⁴⁴
manusia, untuk menghasilkan informasi yang mendukung pengambilan keputusan.

Dengan kemampuan unggulnya dalam mengolah dan memvisualisasikan data yang berbasis lokasi, SIG memiliki beragam aplikasi, mulai dari penelitian, perencanaan, dan pengelolaan sumber daya, hingga pemecahan masalah kompleks yang berkaitan dengan lokasi geografis tertentu.

Dalam Sistem Informasi Geografis (GIS), tampak dua jenis bentuk utama dalam pengolahan data spasial, yaitu bentuk data vektor dan bentuk data raster. Data vektor dipakai untuk merepresentasikan objek atau fitur geografis di permukaan bumi dengan elemen-elemen seperti titik, garis, dan poligon. Melalui data vektor, bentuk-bentuk geografi dapat digambarkan menggunakan garis-garis, area yang dibatasi oleh garis yang saling bertemu di satu titik, serta titik dan simpul (node) yang merepresentasikan perpotongan antara dua garis (Naspendra & Setiawati, 2020).

Model data vektor sering digunakan untuk mendeskripsikan objek linear, seperti jalan dan sungai, serta objek dengan luas, seperti danau atau batas wilayah administrasi. Selain itu, model ini juga ideal dalam merepresentasikan jaringan, termasuk sistem transportasi dan distribusi air bersih (PDAM). Pendekatan ini memungkinkan visualisasi data geografis dengan tingkat detail yang tinggi, sehingga sangat sesuai untuk berbagai aplikasi yang memerlukan analisis spasial yang akurat (Naspendra & Setiawati, 2020).

B. Rute Terpendek

Model rute terpendek (Shortest Path Route) adalah sebuah konsep jaringan yang digunakan untuk mencari rute paling efisien di antara berbagai alternatif. Rute dalam konteks ini tidak selalu merujuk pada jarak, melainkan juga dapat mengacu pada biaya atau waktu. Dengan demikian, tujuan utama model ini adalah meminimalkan ²⁷ jarak, biaya, atau waktu perjalanan dari titik awal ke tujuan akhir (Siswanto, 2007).

Masalah jalur terpendek dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha untuk menemukan rute terpendek antara satu node tertentu dan node lainnya dalam sebuah jaringan (N, A). Berbeda dengan penggunaan sebelumnya, jalur yang menghubungkan node-node ini harus mengikuti arah perjalanan yang ditentukan (arah busur). Jalur yang demikian sering disebut sebagai jalur terarah (directed path). Dalam proses penentuan jalur terpendek, diasumsikan bahwa setiap busur memiliki panjang tertentu, yang dalam notasi yang telah digunakan sebelumnya dilambangkan dengan c_{ij} . Panjang-panjang ini diasumsikan memiliki nilai non-negatif. Untuk menentukan rute yang paling efisien dari satu node, misalnya node s , ke node lain, seperti node r , sering kali diperlukan untuk menghitung jalur terpendek dari banyak node lain, bahkan dari semua node lain dalam jaringan menuju node r tersebut. Oleh karena itu, masalah jalur terpendek didefinisikan sebagai upaya untuk menentukan rute yang paling efisien dari setiap node dalam jaringan N ke node tujuan tertentu, yang dalam konteks ini disebut sebagai node akar (root node) (J. Vanderbei, 2014).

C. Pengantar barang

128

Proses pengiriman barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya dapat dipahami sebagai suatu aktivitas penyaluran. Dalam konteks ini, barang yang dimaksud adalah paket. Layanan pengiriman paket mencakup serangkaian aktivitas, yang meliputi pengambilan, penerimaan, dan pengantaran barang yang memiliki bentuk dan ukuran tertentu. Dalam pengiriman paket, terdapat suatu konsep yang dikenal dengan istilah Collecting - Processing - Transporting - Delivery, atau disingkat C-P-T-D. Konsep ini berfungsi sebagai pedoman dalam menjalankan bisnis pengiriman paket (Dewi dkk., 2023).

Pengantaran merupakan langkah akhir dalam perjalanan paket menuju konsumen. Kegiatan ini melibatkan pengiriman kiriman kepada penerima dan menjadi tahapan terakhir dalam proses bisnis pos atau pengiriman. Pengantaran dilakukan ketika paket yang diangkut oleh moda transportasi tiba di area penerimaan, yakni pusat pengantaran (*delivery centre*) kantor tujuan. Kegiatan yang dilaksanakan mencakup beberapa hal, antara lain:

- 1) Bagian antaran bertugas untuk menerima dan memeriksa paket yang akan dikirimkan dengan cara menandatangani daftar paket yang diterima.
- 2) Selanjutnya, dilakukan sortir awal paket berdasarkan wilayah pengiriman.
- 3) Selain itu, juga dibuat surat panggilan atau pemberitahuan kepada penerima paket terkait paket yang diterima dalam kondisi rusak.
- 4) Mengadakan sortir secara menyeluruh berdasarkan jalan antar dan mencatatnya dalam buku antaran.

- 5) Melakukan pengantaran paket ke alamat masing-masing penerima. Pengantaran dilakukan satu kali.
- 6) Setelah itu, menyerahkan paket kepada penerima dengan meminta mereka untuk menandatangani salinan resi serbaguna yang terkait, serta mencantumkan nama lengkap dan nomor identitas diri. Jika paket tidak dapat diserahkan karena penerima tidak berada di tempat, akan dibuatkan surat panggilan atau pemberitahuan yang ditinggalkan di alamat tersebut.
- 7) Jika pengantaran mengalami kegagalan, akan dibuatkan berita acara dan surat panggilan yang ditinggalkan untuk pengambilan kiriman di kantor pusat pengiriman.
- 8) Paket yang gagal diantar akan diserahkan kepada supervisor.
- 9) Pada lembar resi yang berhasil diantar, akan diterapkan cap tanggal dan paraf ¹ dari pengantar, lalu diarsipkan di tempat yang aman.
- 10) Untuk paket yang belum dapat diserahkan kepada penerimanya, akan ditahan di kantor selama 7 hari sambil menunggu kejelasan mengenai data penerimanya.
- 11) Jika paket tidak dapat disampaikan kepada penerima, paket pos tersebut akan dikembalikan ke kantor pengiriman. Untuk paket yang dikembalikan, biaya pengembalian akan ditagih kepada pengirim.
- 12) Paket yang mengalami kegagalan pengantaran, tidak diambil, ditolak oleh penerima, dan tidak dapat dikembalikan akan dianggap sebagai kiriman buntu dan dicatat dalam buku gagal antar. Selanjutnya, paket tersebut akan dimusnahkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

D. *Rapid Application Development*

Nama RAD diberitahukan oleh James Martin pada tahun 1991 sebagai sebuah pendekatan dalam siklus hidup pengembangan sistem. Metode RAD memadukan teknik waterfall dan prototyping, serta memanfaatkan manajemen, metode, dan alat yang cukup kompleks. Oleh karena itu, para pengembang yang menggunakan teknik ini diharuskan memiliki keahlian profesional. Untuk itu, Martin menciptakan istilah "SWAT" (*skilled with advanced tools*) Team, yang merujuk kepada tim pengembang yang menguasai sistem ini. ⁵⁷ *Rapid Application Development (RAD)* adalah metode yang mengedepankan percepatan dalam proses pengembangan sistem guna memenuhi kebutuhan pengguna. Metode ini mencakup pendekatan seperti prototyping, tetapi dengan cakupan yang lebih luas (Mulyani, 2016).

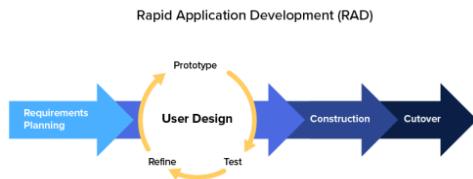
RAD merupakan suatu pendekatan yang mengintegrasikan berbagai jenis-jenis dan teknik yang terstruktur. Dalam pelaksanaannya, RAD mengaplikasikan prototyping serta metode terstruktur yang lainuntuk mendeskripsikan keperluan pengguna dan merancang SI. Selain itu, RAD juga menegaskan pada siklus pengembangan yang berlangsung dalam jangka waktu singkat, yaitu antara 60 hingga 90 hari, dengan menerapkan pendekatan konstruksi yang berfokus pada penggunaan komponen. (Hartono, 2015).

Berdasarkan beberapa penjelasan terkait *Rapid Application Development*, ⁵⁸ dapat disimpulkan bahwa, model pengembangan *Rapid Application Development* adalah sebuah metode pengembangan sistem yang dipertunjukkan oleh James Martin pada tahun 1991. Metode ini menggabungkan teknik waterfall dan

prototyping dengan pendekatan yang terstruktur, bertujuan untuk mempercepat pengembangan sistem agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. RAD menekankan siklus pengembangan yang singkat, biasanya antara 60 hingga 90 hari, dengan memanfaatkan prototyping, teknik terstruktur, dan pengembangan berbasis komponen. Untuk mencapai tujuan ini, dibutuhkan tim pengembang profesional yang dikenal sebagai "Tim SWAT" (*skilled with advanced tools*).

²⁵ Adapun fase dari metode RAD / *Rapid Application Development* adalah,

Requirements Planning, User Design, Construction, dan Cutover



(Bitlabs Academy, 2021)

Gambar 2.1 Fase metode RAD

- 1) *Requirements Planning* adalah tahap yang sangat penting dalam metode ini. Dari langkah ini, kita dapat mengidentifikasi maksud dan tujuan pengembangan sistem informasi yang akan dibuat. Tahap ini juga mencakup pelaksanaan identifikasi terhadap permasalahan yang ada serta pengumpulan data yang diperlukan.
- 2) *User Design*, Tahap ini diawali dengan perancangan kebutuhan sistem secara rinci melalui pembuatan diagram seperti *use case* dan *activity diagram* untuk menggambarkan alur dan interaksi pengguna. Selanjutnya dilakukan pembuatan *prototype* sebagai representasi awal sistem yang dievaluasi melalui siklus

prototype – test – refine. Proses ini dilakukan secara iteratif hingga diperoleh rancangan yang sesuai. Tahap ini menghasilkan spesifikasi perangkat lunak meliputi struktur sistem, rancangan data, dan antarmuka pengguna.

- ²⁵ 3) *Construction*, tahap ini sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya mulai diimplementasikan ke dalam bentuk aplikasi. Proses konstruksi mencakup pengembangan program, integrasi antar komponen, serta penyempurnaan berkelanjutan.
- 4) *Cutover*, tahap ini sistem yang telah dikembangkan mulai dipersiapkan untuk diterapkan secara penuh kepada pengguna. Sebelum sistem diserahkan, dilakukan proses pengujian untuk mendeteksi kemungkinan kesalahan dan ³⁷ memastikan bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan. Tahap ini juga mencakup proses evaluasi dan persetujuan akhir dari pihak terkait, dengan tujuan agar sistem dapat diimplementasikan tanpa kendala berarti di lingkungan pengguna.

³⁷ **E. Unified Model Language**

UML (*Unified Modeling Language*) adalah sebuah bahasa visual yang dirancang untuk merepresentasikan, mendefinisikan, mengembangkan, serta ³⁸ mendokumentasikan sistem perangkat lunak yang berbasis objek. UML berperan tidak hanya sebagai bahasa pemrograman visual, tetapi juga mampu diintegrasikan secara langsung dengan berbagai bahasa pemrograman yang lain seperti JAVA, C++, dan Visual Basic. Selain itu, UML juga dapat terhubung langsung ke dalam sebuah database berorientasi objek (Sumirat dkk., 2023).

UML merupakan suatu teknologi yang mendukung proses pembangunan perangkat lunak yang berorientasi objek. Beragam perangkat yang diterapkan dalam perancangan yang berlandaskan UML mencakup *use case diagram, activity diagram, sequence diagram, class diagram*, dan lain-lain (Samsudin dkk., 2019). Diagram yang lazim dipakai dalam konteks pemodelan UML untuk sebuah proyek SI adalah sebagai berikut:

- 1) *Use Case Diagram* merupakan alat yang dipakai untuk memvisualisasikan tindakan yang ditunjukkan oleh suatu sistem yang sedang dalam tahap perancangan. Diagram ini menunjukkan kolaborasi diantara satu atau lebih *actor* yang berencana untuk memanfaatkan sistem tersebut.
- 2) *Sequence Diagram* adalah salah satu tipe diagram dalam UML yang menunjukkan hubungan antara objek-objek dalam deretan waktu tertentu. Diagram ini memperlihatkan hubungan antar objek secara berurutan, langkah demi langkah, serta urutan perubahan yang diperlukan untuk melaksanakan diagram use case yang bersangkutan.
- 3) *Activity Diagram* Mengilustrasikan proses kerja atau kegiatan dari sebuah sistem yang tersedia dalam perangkat lunak.
- 4) *Class Diagram* mencerminkan norma serta tanggung jawab dari entitas yang berkontribusi terhadap perilaku sistem. Pada fase perancangan, diagram ini memiliki peran penting dalam merekam struktur keseluruhan kelas yang menyusun arsitektur yang direncanakan.

F. Black Box Testing

Black Box testing, dilakukan tanpa memahami secara mendalam struktur internal dari sistem atau komponen yang sedang diuji. Metode ini juga dikenal sebagai pengujian perilaku, pengujian berbasis spesifikasi, pengujian input/output, atau pengujian fungsional. Pengujian *black box* menekankan pada kebutuhan fungsional perangkat lunak, yang didasarkan pada spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan. Dengan penerapan pengujian kotak hitam, insinyur perangkat lunak dapat memanfaatkan serangkaian kondisi masukan yang mampu secara menyeluruh mengevaluasi semua kebutuhan fungsional dari suatu program (Romeo, 2003).

Blackbox testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada evaluasi fungsionalitas tanpa mempertimbangkan struktur internal atau kode sumbernya. Dalam metode ini, pengujian dilakukan dari sudut pandang pengguna eksternal yang tidak memiliki pemahaman tentang bagaimana perangkat lunak tersebut diimplementasikan. Teknik pengujian dalam blackbox testing mencakup pengujian pengguna, pengujian validitas, pengujian batas, dan lainnya (Tonggiroh, 2024).

Dapat disimpulkan bahwa *Blackbox testing* adalah metode pengujian perangkat lunak yang dilakukan tanpa memahami struktur internal sistem atau kode sumbernya, sehingga sering disebut sebagai pengujian berbasis spesifikasi atau pengujian fungsional. Pengujian ini menekankan evaluasi kebutuhan fungsional perangkat lunak berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan, dengan pendekatan dari perspektif pengguna eksternal yang tidak mengetahui bagaimana sistem diimplementasikan. Teknik yang digunakan dalam Blackbox testing mencakup

pengujian pengguna, validitas, dan batas, yang bertujuan untuk memastikan bahwa semua kebutuhan fungsional perangkat lunak telah diuji secara menyeluruh.

G. Beta Testing

Beta testing merupakan bagian penting dari proses pengembangan yang memungkinkan perusahaan untuk “mendengarkan” pelanggan secara efektif. Melalui *beta testing*, perusahaan dapat memastikan bahwa suara pelanggan didengar dengan baik. Pengujian ini memberikan wawasan mendalam mengenai keinginan dan kebutuhan pelanggan, serta pandangan mereka terhadap perusahaan. Dengan demikian, *beta testing* menjadi alat yang sangat berharga dalam melibatkan konsumen dalam proses pengembangan produk.

Beta testing sering kali dipahami sebagai "uji pengguna." Meskipun hal itu merupakan inti dari definisinya, uji beta yang dilakukan dengan baik dapat memberikan sejumlah informasi berharga. Selain pengujian kegunaan, uji beta juga mencakup aspek fungsionalitas, kompatibilitas, dan keandalan. Dengan demikian, uji beta menawarkan perusahaan lebih dari sekadar sudut pandang pengguna biasa.

Beta Testing biasanya melibatkan undangan kepada pelanggan perusahaan untuk ikut serta dalam pengujian produk sebelum diluncurkan secara resmi. Para penguji ini umumnya adalah relawan yang termotivasi untuk terlibat dengan berbagai alasan. Mayoritas mereka tertarik untuk menjelajahi inovasi produk baru yang ditawarkan. Namun, ada pula yang berpartisipasi dengan harapan bisa mendapatkan produk gratis atau menemukan solusi untuk masalah tertentu yang mereka hadapi.

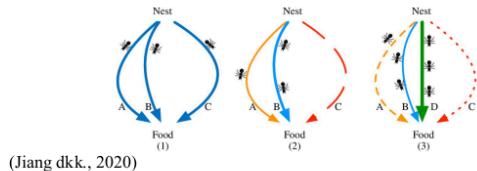
Proses *beta testing* memiliki nilai tambah yang signifikan, karena memberikan peluang kepada pelanggan yang "sebenarnya" untuk memberikan masukan mengenai desain, fungsionalitas, dan kegunaan produk yang sedang diuji. Masukan ini tidak hanya krusial bagi produk yang saat ini diuji, tetapi juga berfungsi sebagai investasi berharga untuk pengembangan produk-produk mendatang, terutama jika data yang terkumpul dikelola dengan baik (Fine, 2002).

⁸⁷ H. Algoritma *Ant Colony Optimization*

Optimasi *Ant Colony Optimization* (ACO) adalah sebuah metaheuristik di mana koloni semut buatan bekerja sama untuk menemukan solusi optimal bagi masalah optimasi diskrit yang kompleks. Kerja sama menjadi komponen utama dalam desain algoritma ACO, di mana sumber daya komputasi dialokasikan ke sejumlah agen sederhana (semut buatan) yang berkomunikasi secara tidak langsung melalui mekanisme stigma, yaitu komunikasi yang dimediasi oleh lingkungan. Solusi yang baik muncul sebagai hasil dari interaksi kooperatif antara agen-agen tersebut.

⁸⁶ Algoritma ACO dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi kombinatorial, baik yang bersifat statis maupun dinamis. Masalah statis adalah jenis masalah di mana karakteristiknya telah ditetapkan sejak awal dan tidak mengalami perubahan selama proses penyelesaiannya. Contoh klasik dari masalah ini adalah Travelling Salesman Problem (TSP) (Johnson & McGeoch, 1997; Lawler, Lenstra, Rinnooy Kan, & Shmoys, 1985; Reinelt, 1994), di mana lokasi kota dan jarak relatifnya sudah ditentukan sejak awal dan tetap konstan selama algoritma dijalankan. Sebaliknya, masalah dinamis didefinisikan berdasarkan beberapa

variabel yang nilainya berubah seiring waktu sesuai dengan dinamika sistem yang mendasarinya. Oleh karena itu, dalam masalah dinamis, kondisi dapat berubah selama algoritma berjalan, sehingga algoritma optimasi harus mampu beradaptasi secara langsung dengan lingkungan yang terus berubah. (Dorigo & Stützle, 2004).



(Jiang dkk., 2020)
Gambar 2.2 Ilustrasi algoritma *ant colony optimization*

Gambar di atas menjelaskan prinsip dasar algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dengan meniru perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan. Pada tahap pertama (1), beberapa semut keluar dari sarang (Nest) dan menyusuri tiga jalur berbeda menuju makanan (Food), yaitu jalur A, B, dan C. Karena belum ada jejak feromon yang terbentuk, semut memilih jalur secara acak. Pada tahap kedua (2), semut yang melewati jalur lebih pendek (jalur B) kembali lebih cepat dan mulai meninggalkan feromon lebih awal, sehingga jejak pada jalur tersebut menjadi lebih kuat dibandingkan jalur lainnya. Hal ini mendorong semut lain untuk lebih memilih jalur B. Jalur A dan C yang lebih panjang mulai jarang dilalui karena feromonya lebih sedikit atau telah menguap. Pada tahap ketiga (3), akumulasi feromon di jalur B menjadi dominan, sehingga sebagian besar semut mengonvergensi ke jalur tersebut. Sementara itu, jalur A dan C semakin jarang digunakan karena jejak feromonya menghilang akibat proses evaporasi. Proses ini menggambarkan bagaimana solusi optimal dalam ACO dapat

terbentuk melalui eksplorasi awal, penguatan jalur terbaik berdasarkan kualitas solusi, dan pengurangan pengaruh jalur yang tidak efektif.

93 2.2 Kajian Penelitian

Kajian penelitian merupakan kumpulan penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang akan digunakan untuk referensi pada penelitian ini.
116

A. Penelitian Terdahulu terkait Sistem Informasi Geografis

Tabel 2.1 Menyajikan kajian empiris terkait penerapan SIG untuk menganalisis dan mengelola data spasial.

Tabel 2.1 Kajian Empiris Sistem Informasi Geografis

No.	Judul Penelitian	Penulis (Tahun) Nama Jurnal	Hasil / Isi Penelitian
1.	Implementasi Algoritma Dijkstra pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Rute Terpendek Industri Konveksi di Kabupaten Jepara Berbasis Web	Eka Dwi Lestari, Danang Mahendra, Noor Azizah (2022) Jurnal : Biner: Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer	Sistem Informasi Geografis dengan algoritma dijkstra untuk menentukan rute terpendek ke industri konveksi di Kabupaten Jepara.
2.	Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Rute Angkutan Umum Berbasis Android Pada Kementerian Perhubungan Kota Pekanbaru	Anofrizien, Muhammad Luthfi Hamzah (2021) Jurnal : SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri	Aplikasi android berbasis SIG yang menyediakan informasi rute angkutan umum di Kota Pekanbaru.
3.	Sistem Informasi Geografis Tour Guide Pencarian Rute Terpendek Wisata Kabupaten Ketapang Menggunakan Algoritma Dijkstra	Anggit Purwanto, Rachmad Wahid Saleh Insani, Barry Ceasar Octariadi (2024) Jurnal : Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer	Sistem informasi geografis untuk pemandu wisata dengan fokus pada rute terpendek wisata di Kabupaten Ketapang.
4.	Sistem Informasi Geografis Untuk Menentukan Lokasi Rawan Macet Di Jam Kerja Pada Kota Bandarlampung Pada Berbasis Android	Bezaliel Septian Sulastio, Harry Anggono, Ade Dwi Putra (2021) Jurnal :	SIG berbasis Android untuk mengidentifikasi lokasi rawan macet di Kota Bandar Lampung pada jam kerja.

Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI)			
5.	Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tempat Pembungan Sampah Sementara di Kota Pekanbaru Dengan Mencari Rute Terdekat Menggunakan Algoritma A Star (A*)	Maruba Hutabalian, Sunanto, Januar Al Amien (2021) Jurnal : Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech)	SIG untuk memetakan lokasi TPS di Kota Pekanbaru menggunakan Algoritma A*.
6.	Rekayasa Perangkat Lunak Penentuan Jarak Terdekat Dalam Pengiriman Darah di PMI Kota Palembang Dengan Algoritma Branch dan Bound	Andika Pranata, Hutrianto (2022) Jurnal : Journal of Information Technology Ampera	SIG dengan algoritma branch and bound untuk mengatasi masalah pengiriman kebutuhan darah PMI Kota Palembang.
7.	Penerapan Algoritma A* Pada Webgis Pencarian Rute Terpendek	Alzena Dona Sabilla, Ahmad Taufiq (2022) Jurnal : Journal of Information System and Computer	SIG dengan algoritma A* untuk membantu wisatawan mencapai showroom mebel di Jepara.
8.	Studi Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Stationary Sampah Container System Berbasis Sistem Informasi Geospasial (SIG) di Kecamatan Balikpapan Timur	Iqoh Andini Putri, Intan Dwi Wahyu Setyo Rini, Rina Noor Hayati (2023) Jurnal : Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)	SIG untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Balikpapan Timur
9.	Sistem Informasi Geografis Jalur Transportasi Angkutan Umum Berbasis Web: Studi Kasus Terminal Mardika Kota Ambon	T Rahmawati, T J Pattiasina, M S Syaranamual (2022) Jurnal : KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi	SIG untuk memudahkan penumpang angkutan umum di Ambon dalam mengetahui rute perjalanan.
10.	Perancangan Sistem Informasi Geografis Pencarian Pertamina Dan Bengkel Service Dengan Teknologi Gps Dan Algoritma Dijkstra	Herman (2022) Jurnal : JURNAL TIMES (Teknologi Informatics & Computer System)	Sistem informasi geografis untuk pencarian lokasi pertamini dan bengkel servis dengan teknologi GPS serta algoritma Dijkstra.
11.	The Role of Geographic Information Systems	Hamid Salimi, Somayeh Fadai Nezhad Bahramjerdi &	SIG mendukung konservasi partisipatif dengan mengintegrasikan data spasial

	(GIS) in Participatory Conservation of Heritage Areas	Rana Tootoonchi (2025) Jurnal : European Journal Of Geology 63	dan atribut untuk memahami nilai budaya.
12.	GIS-Based Spatial Analysis and Strategic Placement of Fine Dust Alert Systems for Vulnerable Populations in Gangseo District	Jaewook Lee, Junyoung Jang, Jaeuk Im and Jae Hong Lee (2024) Jurnal : Applied Sciences (Switzerland)	SIG untuk menentukan lokasi optimal pemantauan udara di Gangseo, memetakan area polusi tinggi dan populasi rentan, serta merancang sistem peringatan strategis.
13.	Geographic Information System of Early Childhood School Mapping Using Android-Based Dijkstra Algorithm	Rasna, Moh Rahmat Irjii Matdoan, Lily Yuntina, Junaidi Salat, Eka Setiawati (2024) Jurnal : International Journal of Engineering, Science and InformationTechnology 39	SIG Android berbasis GPS dengan Algoritma Dijkstra untuk memetakan PAUD, menampilkan rute terdekat, dan informasi detail sekolah.
14.	Geographical information system for garbage collection in sanggau city and shortest path using dijkstra's algorithm	Reyhan, Rachmat Wahid Saleh Insani, Barry Caesar Octariadi (2024) Jurnal : TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika 47	SIG dengan Algoritma Dijkstra untuk menentukan rute tercepat ke lokasi pengumpulan sampah di Kota Sanggau.
15.	Designing A Commercial Location-Based System To Serve Customers Based On Gis	Behzadi, S (2023) Jurnal : International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives 25	SIG dan algoritma A* untuk mencari produk dengan biaya rendah, menentukan urutan kunjungan toko, dan memetakan rute pembeli ke toko.

Penelitian pertama dengan judul "Implementasi Algoritma Dijkstra pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Rute Terpendek Industri Konveksi di Kabupaten Jepara Berbasis Web" membahas penerapan SIG yang memanfaatkan algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur terpendek menuju lokasi industri konveksi. Aplikasi yang dikembangkan dapat menunjukkan lokasi pabrik konveksi

yang paling dekat dari posisi pengguna berdasarkan filter pencarian yang ditentukan, serta memberikan perkiraan jarak perjalanan disertai petunjuk arah. Selain itu, aplikasi ini juga menyiapkan informasi mengenai ⁹⁶ industri konveksi, termasuk alamat lengkap, nomor telepon, akun media sosial, serta foto dari rumah pengusaha industri konveksi.

Penelitian kedua dengan judul “Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Rute Angkutan Umum Berbasis Android Pada Kementerian Perhubungan Kota Pekanbaru” menguraikan pengembangan sebuah Sistem Informasi Geografis yang berbasis aplikasi Android, yang ditujukan untuk memetakan rute angkutan umum di Kota Pekanbaru. Aplikasi ini dirancang untuk menyediakan informasi dua arah antara Kementerian Perhubungan dan masyarakat. Selain itu, fitur yang memberikan informasi mengenai kondisi jalur sangat bermanfaat bagi pengguna untuk memahami situasi di lapangan, sehingga mereka dapat lebih waspada saat melewati area tertentu. Fitur navigasi juga memiliki peranan penting dalam memberikan petunjuk arah menuju tujuan yang diinginkan.

Penelitian ketiga dengan judul “Sistem Informasi Geografis Tour Guide Pencarian Rute Terpendek Wisata Kabupaten Ketapang Menggunakan Algoritma Dijkstra” membahas pengembangan Sistem Informasi Geografis yang bertujuan untuk membantu para Wisatawan dalam mencari jalur tercepat menuju tempat wisata di Kabupaten Ketapang. Aplikasi yang dirancang menunjukkan jalur tercepat dari posisi pengguna ke tujuan wisata dengan memanfaatkan algoritma Dijkstra. Peta yang disediakan memperlihatkan jalur serta lokasi yang dilewati, disertai dengan informasi mengenai jarak dan perkiraan durasi perjalanan. SIG ini

dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menentukan rute tercepat menuju tujuan wisata.

Penelitian keempat dengan judul "Sistem Informasi Geografis Untuk Menentukan Lokasi Rawan Macet Di Jam Kerja Pada Kota Bandarlampung Berbasis Android" membahas pengembangan SIG yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan informasi mengenai kemacetan di Kota Bandarlampung. Aplikasi yang dirancang memiliki fitur halaman hasil yang menunjukkan jalur paling efisien dari lokasi awal menuju lokasi akhir, disertai dengan informasi tentang kemacetan yang terjadi di sepanjang rute tersebut. Pengguna dapat memilih rute yang diinginkan dengan menekan tombol "DETAIL". Halaman detail ini memberikan pilihan kepada pengguna untuk memilih rute alternatif berdasarkan pertimbangan jarak dan waktu tempuh.

Penelitian kelima dengan judul "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tempat Pembungan Sampah Sementara di Kota Pekanbaru Dengan Mencari Rute Terdekat Menggunakan Algoritma A Star (A*)" membahas pengembangan SIG untuk memetakan lokasi [Tempat Penampungan Sampah Sementara \(TPSS\)](#) serta mencari jalur tercepat menuju lokasi pembuangan sampah yang ada [di sekitar](#) pengguna. Hal ini sangat penting mengingat terdapat sejumlah besar individu dalam masyarakat yang masih melakukan pembuangan sampah secara tidak teratur dan pada waktu yang tidak tepat, yang mengakibatkan beberapa lokasi pembuangan sampah tidak terpantau dan tidak diketahui keberadaannya. Aplikasi yang dikembangkan mampu memetakan TPSS beserta rute tercepat untuk mencapainya. Algoritma A* (A Star) diterapkan untuk menetapkan rute terpendek dengan

mempertimbangkan titik perhentian yang telah ditentukan, sehingga memudahkan pengguna dalam menemukan lokasi pembuangan sampah terdekat secara efisien.

Penelitian keenam dengan judul “Rekayasa Perangkat Lunak Penentuan Jarak Terdekat Dalam Pengiriman Darah di PMI Kota Palembang Dengan Algoritma Branch dan Bound” membahas tentang pengembangan Sistem Informasi Geografis yang bertujuan untuk mendukung Palang Merah Indonesia (PMI) di Kota Palembang dalam prosedur distribusi darah ke rumah sakit. Aplikasi yang dirancang menggunakan simulasi dengan metode pengembangan FAST untuk menerapkan algoritma Branch and Bound. Dengan memanfaatkan data dari tujuh rumah sakit yang ada di Kota Palembang, hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan rute pengiriman darah yang optimal dan efisien, dengan mempertimbangkan jarak yang harus ditempuh di setiap simpul yang terlibat dalam rute tersebut.¹⁸

Penelitian ketujuh dengan judul “Penerapan Algoritma A* Pada Webgis Pencarian Rute Terpendek” membahas pengembangan Sistem Informasi Geografis yang bertujuan untuk memberikan solusi bagi para wisatawan yang menghadapi kesulitan dalam mencapai showroom mebel di Kota Jepara. Hasil penerapan dari aplikasi ini menunjukkan bahwa implementasi algoritma A*Star dalam pencarian rute terpendek terbukti efektif dalam menyediakan solusi navigasi.¹⁹

Penelitian kedelapan dengan judul “Studi Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Stationary Container System Berbasis Sistem Informasi Geospasial (SIG) di Kecamatan Balikpapan Timur Optimization of Geospatial Information System-Based Waste Transportation Routes Using Stationary Container System in East

Balikpapan” membahas pengembangan Sistem Informasi Geografis untuk meningkatkan efisiensi rute pengangkutan sampah yang saat ini belum optimal, yang terlihat dari penumpukan sampah di Tempat Penampungan Sementara (TPS).

Dalam penelitian ini, pengangkutan sampah menggunakan Sistem Stationary Container System (SCS) melibatkan tiga armada dump truck yang memiliki kapasitas 6 m³ dan 8 m³ beroperasi untuk melayani 47 unit Tempat Pembuangan Sampah (TPS). Proses pengangkutan dilakukan pada malam hari dengan dua ritasi setiap harinya. Durasi pengangkutan untuk masing-masing armada adalah 7 jam, 6 jam 30 menit, dan 7 jam. Dengan memanfaatkan SIG, jalur alternatif dirancang dari pool menuju TPS dan TPA, berdasarkan pertimbangan jarak terpendek dan waktu tempuh. Jarak dan waktu tempuh untuk dua ritasi per hari adalah sebagai berikut:

Pengangkut A menempuh 46 Kilometer dalam jangka waktu 5 jam, Pengangkut B menempuh 68 Kilometer dalam jangka waktu 5 jam, dan Pengangkut C menempuh 52 Kilometer dalam jangka waktu 6 jam.

Penelitian kesembilan dengan judul “Sistem Informasi Geografis Jalur Transportasi Angkutan Umum Berbasis Web: Studi Kasus Terminal Mardika Kota Ambon” membahas tentang pengembangan Sistem Informasi Geografis yang bertujuan untuk mempermudah penumpang dalam memperoleh informasi mengenai rute perjalanan di Kota Ambon. Aplikasi ini dilengkapi dengan halaman Info Angkutan Umum yang menyajikan data mengenai jumlah angkutan yang beroperasi, jenis angkutan, tujuan, serta waktu operasional secara real-time. Selain itu, halaman utama juga menampilkan rute perjalanan untuk angkutan umum yang beroperasi di Terminal Mardika, baik untuk perjalanan pergi maupun pulang.

Penumpang dapat mengakses informasi mengenai trayek yang aktif serta waktu tunggu untuk setiap angkutan umum. Untuk informasi lebih lanjut, penumpang dapat mengklik tombol yang tersedia untuk mengamati rute keberangkatan dan kepulangan dari setiap jenis transportasi.

Penelitian kesepuluh dengan judul “Perancangan Sistem Informasi Geografis Pencarian Pertamini Dan Bengkel Service Dengan Teknologi Gps Dan Algoritma Dijkstra” membahas tentang pengembangan Sistem Informasi Geografis Untuk mengatasi permasalahan ketika sepeda motor mengalami kerusakan dan membutuhkan informasi cepat terkait lokasi bengkel servis atau pertamini, sehingga sepeda motor dapat segera ditangani dengan tepat. Aplikasi yang dikembangkan menyediakan fitur pencarian lokasi pertamini atau bengkel servis terdekat dengan menggunakan algoritma Dijkstra, yang memberikan rute tercepat menuju tempat-tempat tersebut. Tampilan aplikasi menyajikan peta digital menggunakan Google Maps, di mana seluruh lokasi pertamini dan bengkel servis yang terdaftar dipetakan. Garis berwarna biru menunjukkan rute optimal yang dapat diikuti untuk mencapai lokasi yang dimaksud.

Penelitian kesebelas dengan judul “*The Role of Geographic Information Systems (GIS) in Participatory Conservation of Heritage Areas*” menganalisis peran SIG untuk memfasilitasi konservasi parsipatif Masyarakat dalam perencanaan pusaka untuk mendukung konservasi dan pengembangan. Hasil penelitian menunjukan dengan pengintegrasian data spasial beserta atribut melalui pencatatan digital sumber daya pusaka, SIG memungkinkan pemahaman yang

komprehensif tentang nilai-nilai warisan budaya dan potensi dampaknya, sehingga dapat memandu strategi konservasi yang efektif.

Penelitian keduabelas dengan judul “*GIS-Based Spatial Analysis and Strategic Placement of Fine Dust Alert Systems for Vulnerable Populations in Gangseo District*” memanfaatkan Sistem Informasi Geografis untuk mengidentifikasi Lokasi yang optimal untuk pemantauan kualitas udara pada distrik Gangseo. Hasil penelitian SIG berhasil memetakan area dengan konsentrasi polusi tinggi, seperti jalan utama, kawasan industri, dan daerah dengan ventilasi udara buruk, dan menjadikannya lokasi prioritas pemasangan alat pemantauan kualitas udara. Analisis juga mengidentifikasi populasi rentan, seperti anak-anak, lansia, dan individu dengan masalah kesehatan, yang terkonsentrasi di fasilitas seperti sekolah, rumah sakit, dan panti jompo, yang sering berada di area berisiko tinggi. Sistem peringatan dirancang untuk dipasang di lokasi strategis yang dekat dengan populasi rentan dan area berpolusi tinggi untuk memastikan informasi dapat disampaikan secara cepat dan efektif.

Penelitian ketigabelas dengan judul “*Geographic Information System of Early Childhood School Mapping Using Android-Based Dijkstra Algorithm*” penilitian ini membahas pengembangan Sistem Informasi Geografis untuk membantu menentukan rute terdekat menuju ke sekolah PAUD. Hasil penelitian menunjukkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini menampilkan peta geografis yang detail, yang memandu pengguna secara efektif melalui lingkungan sekitar mereka. Di inti fungsinya, terdapat Algoritma Dijkstra, yang memastikan perhitungan jalur terpendek ke lokasi yang diinginkan, sehingga navigasi menjadi

mudah dan dapat diandalkan. Sistem Informasi Geografis ini menyediakan informasi penting mengenai alamat PAUD, statusnya, dan fasilitas yang tersedia. Pendekatan komprehensif ini memungkinkan pengguna dapat diuntungkan dengan kemampuan untuk mengambil keputusan yang lebih tepat terkait peluang pendidikan untuk anak-anak mereka.

Penelitian keempatbelas dengan judul “*Geographical information system for garbage collection in sanggau city and shortest path using dijkstra's algorithm*”³⁹ membahas tentang pengembangan Sistem Informasi Geografis untuk memetakan lokasi tempat pengumpulan sampah dan menggunakan algoritma Dijkstra untuk menemukan rute tercepat ke fasilitas terdekatnya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pada halaman utama, pengguna dapat memilih TPS (Tempat Penampungan Sampah) yang ingin mereka kunjungi, dan aplikasi akan menampilkan hasil pencarian rute terbaik dari TPS tersebut sehingga pengguna dapat melihat petunjuk untuk pembuangan sampah.

Penelitian kelimabelas dengan judul “*Designing A Commercial Location-Based System To Serve Customers Based On Gis*” membahas tentang pengembangan Sistem Informasi Geografis untuk pencarian produk yang diinginkan dengan biaya serendah mungkin, serta penentuan urutan kunjungan toko dan pemetaan rute antara posisi pembeli dan toko. Hasil dari penelitian mengindikasikan bahwa dengan menggunakan SI berbasis web, telah dibuat sistem lokasi dasar yang digunakan untuk mengoptimalkan masalah routing melalui analisis spasial. Pengguna dapat membeli produk, mengalokasikan paket, dan mengirimkan paket dengan analisis yang diterapkan dalam sistem tersebut. Sistem

ini memanfaatkan filtrasi lokasi dan privasi untuk meminimalkan hasil tampilan yang ditampilkan kepada pengguna. Berdasarkan lokasi pengguna, mereka dapat memilih sejumlah opsi terbatas dari banyak pilihan, kemudian membeli produk yang diinginkan dan paket didaftarkan untuk pengiriman.

B. Penelitian Terdahulu terkait Penentuan Rute Terpendek pengiriman barang

Tabel 2.2 Menyajikan kajian empiris terkait penerapan algoritma untuk menentukan rute terpendek.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu terkait Rute Terpendek pengiriman barang

No.	Judul Penelitian	Penulis (Tahun) Nama Jurnal	Hasil / Isi Penelitian
1.	Perancangan Rute Distribusi Sirup Dengan Menggunakan Metode Algoritma Ant Colony Optimization Di Ud. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen	Syukriah, Syarifah Akmal dan Sherly Ramadhan(2022) Jurnal : Industrial Engineering Journal	Penelitian ini menerapkan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> untuk mengatasi masalah distribusi di Ud. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen.
2.	PENERAPAN ALGORITMA DJIKSTRA UNTUK MENENTUKAN RUTE TERDEKAT PENGIRIMAN TELUR DI UD MAJU JAYA (STUDI KASUS : PENGIRIMAN WILAYAH BLITAR)	Irfan Fawwaz Nasrullah, Indyah Hartami Santi, Taofik Chulkamdi (2023) Jurnal : Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika	Penelitian ini menerapkan algoritma Djikstra untuk mencari rute terdekat pengiriman telur UD Maju Jaya.
3.	Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Jalur Terpendek (Studi Kasus Distribusi Barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP))	Siti Nurhalisa Jumaedi, Wahyuni Abidin, Try Azisah Nurman (2024) Jurnal : Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya	Penelitian ini menerapkan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> untuk mencari rute terdekat distribusi barang JNE wilayah Bumi Tamalanrea Permai.
4.	IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA UNTUK MENENTUKAN	Ni Putu Suma Maharani, I Gusti Ngurah Priambadi, Ni Luh Putu Lilia	Penelitian ini menerapkan algoritma Djikstra untuk mencari jalur distribusi barang terpendek PT. Wahana Boga Nusantara.

40 JALUR TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN GREEN FIELD FRESH MILK 34 Sinta Setiawati, Bryan Estavan Imanuel Sitanggang, Desak Ayu Sista Dewi (2025)	10 Jurnal : Jurnal Syntax Admiration
5. Penerapan Metode Ant Colony Optimization Untuk Menentukan Jalur Distribusi Di PT. Indomarco Adi Prima	Andi Lisdiarto, Wiwin Winartil (2023) Jurnal : Biner : Jurnal Ilmu Komputer, Teknik dan Multimedia (JMEA)

Penelitian pertama dengan judul “Perancangan Rute Distribusi Sirup Dengan Menggunakan Metode Algoritma Ant Colony Optimization Di Ud. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen” mengkaji penerapan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam mencari jalur distribusi optimal untuk produk sirup pada UD. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan total jarak tempuh dalam pendistribusian produk dengan mempertimbangkan kendala kendaraan dan lokasi tujuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan ACO mampu mengurangi total jarak distribusi secara signifikan dimana sebelum penerapan ACO total jarak distribusi adalah 130,55 Kilometer dan 143,7 Kilometer dan sesudah penerapan ACO menjadi 105,3 Kilometer dan 122,5 Kilometer.

Penelitian kedua dengan judul “Penerapan Algoritma Dijkstra untuk Menentukan Rute Terdekat Pengiriman Telur di UD Maju Jaya (Studi Kasus: Pengiriman Wilayah Blitar)” membahas penerapan algoritma djikstra untuk menentukan rute terpendek distribusi telur. Studi ini bertujuan untuk

mengoptimalkan efisiensi pengiriman telur dengan meminimalkan jarak tempuh, yang pada gilirannya akan menurunkan biaya operasional dan menjaga kualitas produk. Hasil penelitian menunjukkan algoritma djikstra mampu menentukan rute lebih pendek yang sebelumnya 27,35 menjadi 26,65 Km⁹

Penelitian ketiga berjudul “Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Jalur Terpendek (Studi Kasus Distribusi Barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP))” mengimplementasikan ACO dalam mencari jalur distribusi tercepat untuk layanan pengiriman barang JNE di wilayah Bumi Tamalanrea Permai. Dalam penelitian ini, setiap alamat tujuan hanya dapat dikunjungi satu kali untuk mengoptimalkan efisiensi waktu pengantaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ACO mampu memberikan solusi optimal dalam menentukan jalur distribusi terpendek, yang berdampak pada peningkatan efisiensi operasional JNE dalam wilayah studi. Berdasarkan hasil perhitungan, siklus pertama rute optimal yang diperoleh adalah GOR Prof Tahir Djide → Panti Asuhan Al Muhtadina → Rumah Yatim Makassar → Lapangan Tala BTP/GLT → Rusunawa Kodam XIV/Hsn → Pabrik Produksi Roti Tawar Bandung Makassar → kembali ke GOR Prof Tahir Djide dengan total jarak tempuh 10,6 Kilometer.⁴

Penelitian keempat berjudul “Implementasi Algoritma Dijkstra Untuk Menentukan Jalur Terpendek Pendistribusian Green Field Fresh Milk” mengaplikasikan algoritma Djikstra dalam menentukan jalur distribusi terbaik untuk pengiriman produk *Green Field Fresh Milk*. Berdasarkan hasil perhitungan, jalur perjalanan optimal yang diusulkan setelah menggunakan algoritma Djikstra

adalah Jen Coffee → Bali Jaya Mart → BSH Coffee House → Suksma Coffee → Nataraka, dengan total jarak tempuh 21,1 km.

Penelitian kelima dengan judul “Penerapan Metode Ant Colony Optimization Untuk Menentukan Jalur Distribusi Di PT. Indomarco Adi Prima” meneliti penerapan ACO dalam optimasi distribusi barang di PT. Indomarco Adi Prima. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengiriman produk ke berbagai lokasi dengan menentukan jalur distribusi paling optimal. Dari hasil penelitian ditemukan rute distribusi terbaik yang dimulai dari PT. Indomarco Adi Prima (Stock Point Sampang) menuju Toko Padang, kemudian ke Toko Pojok Kaliterus, dilanjutkan ke Artomoro Mart, RM Taman Sari Rasa & Waterpark, lalu ke Tammy Mart CV Branch 1, dan kembali lagi ke PT. Indomarco Adi Prima (Stock Point Sampang). Alternatif rute sebaliknya juga menunjukkan hasil yang sama. Total jarak tempuh dari rute ini adalah 38,5 km, dengan nilai *pheromone* tertinggi sebesar 0,0260.¹⁰

C. Penelitian terdahulu terkait metode pengembangan *Rapid Application Development*

Development

Tabel 2.3 Menyajikan kajian empiris terkait penerapan model pengembangan *Rapid Application Development* dalam mengembangkan sebuah sistem.

Tabel 2.3 Kajian Empiris Model Pengembangan RAD

No.	Judul Penelitian	Penulis (Tahun) Nama Jurnal	Hasil / Isi Penelitian
1.	Perbandingan Metodologi Waterfall Dan Rad (Rapid Application Development) Dalam Pengembangan Sistem Informasi	Deni Murdiani, Muhamad Sobirin (2022) Jurnal :	Model Rapid Application Development lebih efisien untuk sistem berskala besar dengan waktu lebih singkat, dibuat sesuai permintaan dan kebutuhan.

		154	JINTEKS (Jurnal Informatika Teknologi dan Sains)	
2.	Implementasi Rapid Application Development Pada Sistem Informasi Pengadaan Barang Dan Jasa	Resti Lia Andharsaputri, Edwin Syahputra, Ichbal Wedyo Prianto (2021)	Pengembangan sistem informasi menggunakan model Rapid Application Development (RAD) efektif dalam mengatasi permasalahan pencatatan dan pengolahan data. Jurnal : JOISIE Journal Of Information System And Informatics Engineering	59
3.	Penerapan Metode Rapid Application Development (RAD) dalam Perancangan Sistem Administrasi Rumah Kecantikan Merak Ati Dalem Spa Berbasis Website	Devi Budianti, Zunita Wulansari, Udkhiati Mawaddah (2024)	Penerapan metode <i>Rapid Application Development</i> dalam pembuatan sistem informasi berjalan dengan baik. Jurnal : Seminar Nasional Sistem Informasi	120
4.	Sistem Informasi Geografis Untuk Penjadwalan Kajian Islam Pada Kota Banjarmasin Dengan Menerapkan Metode Rapid Application Development	Muhammad Saidi Rahman, M. Muflih, Yusup Indra Wijaya, Nur Alamsyah (2024)	Metode RAD efektif dalam pengembangan SIG melalui iterasi cepat dan kolaborasi tim pengembang dengan pengguna akhir. Jurnal : KESATRIA: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer & Manajemen)	57
5.	Sistem Informasi Geografis Pemetaan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial Di Kabupaten Garut	Dede Kurniadi, Asri Mulyani, Marshal Firmansyah , Nia Abania (2022)	Metode RAD efektif dalam pembuatan SIG untuk memetakan sebaran Data Terpadu Kesejahteraan Sosial per Kecamatan di Kabupaten Garut pada website. Jurnal : Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)	21

Penelitian pertama dengan judul “Perbandingan Metodologi Waterfall Dan Rad (Rapid Application Development) Dalam Pengembangan Sistem Informasi” membandingkan metode pengembangan *waterfall* dan *Rapid Application Development*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model Rapid Application

Development (RAD) lebih sesuai digunakan untuk sistem atau perangkat lunak yang berukuran besar dan membutuhkan waktu pengembangan yang lebih singkat.² RAD dirancang untuk menghasilkan perangkat lunak berdasarkan permintaan dan kebutuhan yang spesifik, serta cocok untuk aplikasi yang memiliki tujuan tertentu. Selain itu, ada kemungkinan untuk melakukan pengembangan lanjutan dalam jangka waktu yang cukup panjang.

Penelitian kedua dengan judul “Implementasi Rapid Application Development Pada Sistem Informasi Pengadaan Barang Dan Jasa” membahas tentang pengembangan sebuah SI dengan metode RAD untuk mengatasi pencatatan dan pengolahan data yang mengalami kendala, di mana informasi yang diterima cenderung lambat dan kurang tepat. Selain itu, sistem penyimpanan dokumen yang tidak terpusat menghadirkan risiko kehilangan, kerusakan, dan juga menyulitkan pengguna dalam mencari dokumen yang diinginkan. Hasil dari pengembangan sistem dengan metode RAD menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengatasi masalah-masalah tersebut.

Penelitian ketiga dengan judul “Penerapan Metode Rapid Application Development (RAD) dalam Perancangan Sistem Administrasi Rumah Kecantikan Merak Ati Dalem Spa Berbasis Website” membahas pengembangan sistem administrasi berbasis website untuk mempermudah pengelolaan data dan layanan pada sebuah spa. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses administrasi, mulai dari penjadwalan layanan hingga pengelolaan transaksi dan data pelanggan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil memenuhi kebutuhan operasional melalui penerapan metode RAD. Proses

pengembangan meliputi analisis kebutuhan, desain workshop RAD, serta implementasi dan evaluasi, yang menegaskan efektivitas metode ini dalam menghasilkan solusi responsif serta sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Penelitian keempat dengan judul “Sistem Informasi Geografis Untuk Penjadwalan Kajian Islam Pada Kota Banjarmasin Dengan Menerapkan Metode Rapid Application Development” membahas tentang pengembangan sistem informasi geografis dengan metode RAD untuk mengatasi permasalahan belum terdapatnya sebuah sistem yang dapat memberikan informasi tentang penjadwalan kajian islam, sehingga apabila masyarakat ingin mengetahui informasi kegiatan kajian islam tidak tahu harus mencari di mana informasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode RAD terbukti efektif dalam pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode ini memungkinkan iterasi cepat dan kolaborasi yang lebih baik antara tim pengembang dan pengguna akhir. Dengan demikian, sistem informasi geografis yang dikembangkan dapat membantu masyarakat Kota Banjarmasin mencari informasi jadwal kajian Islam dengan lebih mudah dan menemukan lokasi kegiatan kajian tersebut dengan lebih efektif.¹⁵³

Penelitian kelima dengan judul “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial Di Kabupaten Garut” membahas tentang pengembangan sistem informasi geografis dengan metode rad untuk mengatasi permasalahan belum terdapatnya SIG yang menyajikan data jumlah DTKS menurut pembagian Kecamatan di Kabupaten Garut kepada masyarakat. Hasil penelitian mencakup pembangunan SI Data Terpadu Kesejahteraan Sosial yang bertujuan untuk mempermudah masyarakat dalam mengakses informasi tentang jumlah

DTKS di daerah mereka. Metode RAD diterapkan dalam proses pengembangan ini, yang meliputi beberapa tahapan penting seperti perencanaan kebutuhan, desain workshop RAD, dan implementasi. Dengan menggunakan pendekatan RAD, sistem informasi ini berhasil dibangun dengan efisien, memungkinkan kolaborasi ² yang lebih baik antara pengembang dan pengguna serta mempercepat waktu pengembangan.

¹¹² Penelitian yang paling relevan dengan penelitian ini adalah yang berjudul "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Jalur Terpendek (Studi Kasus Distribusi Barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP))" Perbedaan utama antara penelitian ini dan yang akan dilaksanakan terletak pada cara pengolahan rute. Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengembangkan sistem yang memungkinkan pengolahan rute secara otomatis, menggunakan data dinamis yang diinput oleh kurir. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat beroperasi dengan lebih efisien dan responsif di masa depan. Sementara itu, penelitian yang relevan masih melakukan pengolahan rute secara manual, hanya memanfaatkan data statis yang tersedia pada saat itu. Oleh karena ⁵³ itu, penelitian yang akan dilakukan ini akan lebih fokus pada pengembangan sistem yang modern dan terintegrasi.

17
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Kantor Pos Wlingi yang beralamat pada Jl. Achmad Yani No.18, Beru, Wlingi, Kab. Blitar, Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan sejak bulan September 2024 hingga bulan Juli 2025. Pada saat penelitian, dilakukan wawancara dengan Kepala Kantor Pos Wlingi serta Kurir yang bertugas untuk mengirimkan barang.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang akan dilaksanakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *Rapid Application Development* (RAD). Research and Development merupakan tahapan atau prosedur yang harus dilalui yang dilakukan untuk menghasilkan inovasi produk baru atau melakukan perbaikan pada produk yang sudah ada. Konsep penelitian ini mencangkup serangkaian metode penelitian yang diterapkan dan memiliki tujuan untuk menciptakan suatu produk yang spesifik serta menguji efektivitas dari produk tersebut (Judijanto dkk., 2024).

35

3.3 Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data-data yang akan dipakai sebagai objek penelitian, peneliti menggunakan data Alamat pengantaran barang pada tanggal 7 Januari 2024 yang berjumlah 25 Alamat. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam proses pengumpulan data dapat dilihat pada halaman selanjutnya:

A. Teknik Pengumpulan Data

Berikut tahapan dalam mengumpulkan data untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan :

75

1. Observasi

Observasi merupakan suatu teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan terhadap perilaku dalam konteks tertentu. Dalam proses ini, pengamat mencatat peristiwa yang sedang diamati secara sistematis dan memberikan penjelasan mengenai kejadian yang terjadi. (Ni'matuzahror & Prasetyaningrum, 2018). Gambar 3.1 menunjukkan proses observasi, di mana hasil dari observasi tersebut adalah diperolehnya informasi mengenai alur pemrosesan barang sebelum dikirim ke alamat tujuan.



Gambar 3.1 Observasi

2. Wawancara

Wawancara telah diakui sebagai salah satu metode yang signifikan dalam pengumpulan data dan fakta, serta sering digunakan dalam pengembangan sistem informasi. Metode ini memberikan kesempatan bagi analis sistem untuk melakukan pengumpulan data secara langsung melalui interaksi tatap muka dengan individu yang diwawancarai. Tujuan dari wawancara ini beragam, salah satunya mencari fakta atau informasi yang diperlukan (Santi, 2020). ⁵⁶ Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 menunjukkan proses wawancara yang dilakukan terhadap pimpinan Kantor Pos.



Gambar 3.3 Wawancara dengan ibu Fika Muriasari



Gambar 3.4 Wawancara dengan Ibu Titin

3. Studi Literatur

Penelitian ini menghimpun berbagai penelitian terdahulu yang membahas terkait topik-topik seperti, Sistem Informasi Geografis, algoritma *Ant Colony Optimization*, serta metode pengembangan perangkat lunak RAD (*Rapid Application Development*) penelitian-penelitian ini dipelajari untuk memahami konsep dasar, penerapan dan manfaat, sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam proses pengembangan sistem yang akan dilakukan.

4. Kuesioner

Kuesioner merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan menyajikan sejumlah pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawab. Teknik ini dianggap efisien apabila peneliti telah memahami secara jelas variabel yang akan diukur dan mengetahui informasi apa yang dapat diperoleh dari responden. Kuesioner dapat disusun dalam bentuk pertanyaan atau pernyataan terbuka maupun tertutup, serta dapat disebarluaskan secara langsung, melalui pos, maupun melalui media daring (Sugiyono, 2013). Dalam penelitian ini, kuesioner digunakan sebagai instrumen dalam proses pengujian beta (*beta testing*).

B. Jenis Data

1. Data Primer

Data primer adalah informasi yang dikumpulkan langsung dari sumbernya. Data ini sering kali dikenal sebagai informasi asli atau data yang paling baru dengan sifat yang paling *up-to-date*. Untuk memperoleh data primer, peneliti harus mendapatkannya secara langsung. Teknik yang umum diterapkan oleh peneliti untuk mengumpulkan data primer meliputi wawancara, observasi, diskusi terarah,

dan kuesioner (Siyoto & Sodik, 2015). Data primer dalam penelitian ini mencakup jangkauan wilayah pengiriman Kantor Pos Wlingi, volume pengantaran barang, serta jumlah kurir yang tersedia, yang diperoleh melalui wawancara dengan kepala Kantor Pos.

76 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang diperoleh dari sumber-sumber yang telah ada sebelumnya dan tidak dihasilkan secara langsung oleh peneliti. Data ini dapat diakses melalui berbagai referensi, mencakup buku, jurnal, dan sumber-sumber lain yang terkait. (Siyoto & Sodik, 2015). Data sekunder dari penelitian ini mencakup alamat pengantaran barang yang diperoleh dari paket yang akan dikirim.

65 **C. Instrumen Pengumpulan Data**

Instrumen pengumpulan data diperlukan untuk melakukan sebuah penelitian. Untuk kebutuhan peralatan pada wawancara di Kantor Pos Wlingi meliputi buku tulis untuk mencatat jawaban wawancara, serta kamera handphone untuk dokumentasi. Instrument pengumpulan data disajikan dalam tabel 3.1 dibawah.

Tabel 3.1 Instrumen Pengumpulan Data

No. 125	Daftar Instrumen	Ketersediaan	
		Ya	Tidak
1. Observasi		✓	
2. Wawancara		✓	
3. Studi Literatur		✓	
4. Kuesioner		✓	

1. Lembar Observasi

Tabel 3.2 Lembar Observasi

Aspek yang diamati	Hasil Observasi
Pendataan paket yang sampai di Kantor Pos Wlingi	Proses pendataan paket yang sampai di kantor pos Wlingi hanya berfungsi untuk mengupdate status barang yang sudah berada di kantor pos

	Wlingi, namun tidak terintegrasi dengan database kantor pos Wlingi.
Penyortiran barang untuk pengiriman	Proses penyortiran barang dilakukan untuk mengelompokkan berdasarkan alamat tujuan.
Penentuan rute pengiriman	Proses penentuan rute masih dilakukan berdasarkan pengalaman dan pendapat pribadi.

Lembar Observasi pada tabel 3.2 berfungsi untuk mencatat dan mengevaluasi proses operasional di Kantor Pos Wlingi. Observasi menunjukkan bahwa pendataan paket hanya mengupdate status tanpa integrasi database, penyortiran barang dilakukan berdasarkan alamat tujuan, dan penentuan rute pengiriman masih bergantung pada pengalaman pribadi. Fungsi utama observasi ini adalah mengidentifikasi area yang perlu perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan integrasi sistem.

2. Instrumen Wawancara

53
Tabel 3.3 Daftar Pertanyaan

No	Daftar Pertanyaan
1.	Bagaimakah proses distribusi barang pada Kantor Pos Wlingi?
2.	Daerah mana saja yang merupakan cakupan dari Kantor Pos Wlingi?
3.	Berapa volume pengiriman barang setiap harinya di Kantor Pos Wlingi?
4.	Berapa jumlah kurir yang bekerja untuk mengantarkan barang?
5.	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengantar barang ke daerah cakupan Kantor Pos Wlingi?
6.	Apakah terdapat masalah dalam proses pendistribusian barang?

Daftar pertanyaan wawancara pada tabel 3.3 berfungsi untuk mengumpulkan informasi mendalam mengenai proses distribusi barang di Kantor Pos Wlingi. Pertanyaan-pertanyaan ini dirancang untuk menggali pemahaman tentang alur distribusi, cakupan wilayah pengiriman, volume pengiriman harian, jumlah kurir, waktu pengiriman, dan potensi masalah dalam operasional.

Tabel 3.4 Hasil Wawancara

No	Daftar Jawaban Wawancara
----	--------------------------

- | | |
|----|--|
| 1. | Barang datang dari Kantor Pos Blitar, lalu disortir dan ditempatkan ke Kantor Pos Wlingi. Setelah itu barang akan mulai di distribusikan ke daerah cakupan Kantor Pos Wlingi |
| 2. | 9 Desa / Kelurahan meliputi Beru, Tangkil, Wlingi, Klemunan, Ngadirenggo, Tegalasri, Tembalang, Balerejo, dan Babadan |
| 3. | Sekitar 50 barang per hari |
| 4. | 1 kurir |
| 5. | Area dekat Kantor Pos Wlingi 1 hari, jika jauh 2 hari |
| 6. | Iya, Karena hanya tersedia 1 kurir. Selain itu kondisi cuaca, Alamat yang tidak terdapat nomor hp, waktu, dan jumlah barang menjadi masalah utama saat proses pendistribusian barang |

Fungsi hasil wawancara pada Tabel 3.4 adalah untuk memberikan gambaran konkret tentang kondisi dan operasional distribusi barang di Kantor Pos Wlingi berdasarkan informasi yang diperoleh dari wawancara. Hasil wawancara ini bertujuan untuk memberikan wawasan lebih dalam mengenai kendala operasional yang dapat menjadi fokus untuk perbaikan dan peningkatan efisiensi dalam distribusi barang di Kantor Pos Wlingi.

3. Studi Literatur

Tabel 3.5 Studi Literatur

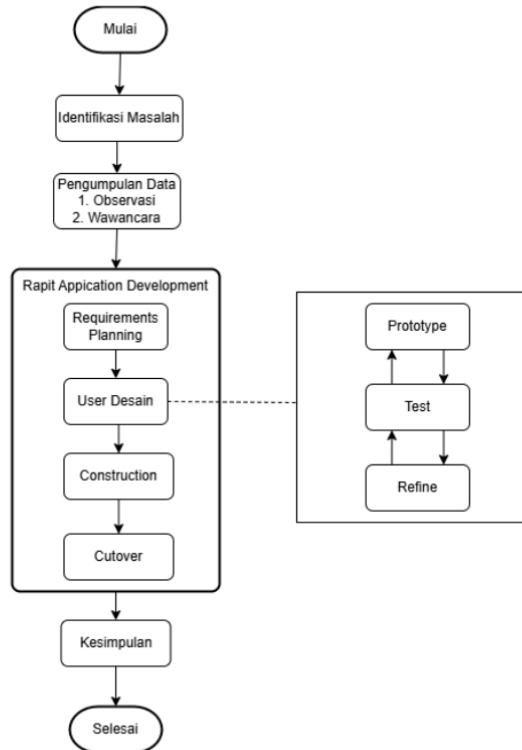
N o.	Aspek yang diamati	Sumber Literatur	Ringkasan Temuan	Metode pengemba ngan yang digunakan	Kekuatan dan kelemahan	Relevansi untuk penelitian
1.	Pengembang an Sistem Informasi Geografis Penentuan Rute	Lestari, E. D., Mahendra, D., & Azizah, N. (2022). “IMPLEME NTASI ALGORITM A DIJKSTRA PADA SISTEM INFORMASI GEOGRAFI S PENCARIA N RUTE TERPENDE K INDUSTRI	Penelitian ini mengimplemen tasikan sistem informasi geografis (SIG) yang memanfaatkan algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek di sektor industri konveksi. Penggunaan SIG memungkinkan visualisasi rute	Algoritma Dijkstra, Sistem Informasi Geografis (SIG)	Kekuatan : Dijkstra memberik an solusi rute terpendek yang efisien. Kelemaha n: Kurang optimal pada graf yang sangat besar atau dinamis.	Sistem ini relevan untuk pengembangan sistem distribusi barang di efisien. Kantor Pos Wlingi, dengan tujuan mengoptim alkan rute pengiriman berdasarka n SIG dan algoritma pencarian rute.

	KONVEKSI DI KABUPATE N JEPARA BERBASIS WEB."	dan lokasi secara efisien.			
2.	Model Pengembangan RAD Rahman, M. S., Mufihi, M., Wijaya, Y. I., Alamsyah, N., Informatika, T., Islam, U., Muhammad, K., Al, A., & Banjarmasin, B. (2024). "Sistem Informasi Geografis Untuk Penjadwalan Kajian Islam Pada Kota Banjarmasin." 4	Artikel ini membahas penerapan model <i>Rapid Application Development</i> (RAD) dalam pengembangan aplikasi penjadwalan kajian Islam di Kota Banjarmasin.	<i>Rapid Application Development</i> (RAD)	Kekuatan : Mengutamakan pengembangan cepat dengan prototipin g dan umpan balik pengguna. Kelemaha n: Bisa menyebabkan aplikasi kurang stabil jika tidak dikelola dengan baik.	Model RAD yang digunakan artikel ini dapat diterapkan dalam pengembangan sistem distribusi barang di Kantor Pos Wlingi, memungkinkan iterasi cepat dan penyesuaian dengan kebutuhan pengguna.
3.	Penggunaan Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> untuk Penentuan Rute Jumaedi, S. N., Abidin, W., & Nurman, Azisah, T. (2024). "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization untuk menentukan rute terpendek barang yang optimal. ACO jalur terpendek untuk meniru perilaku semut dalam menemukan jalur terpendek barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP)." Jurnal Matematika Dan Statistika	Penelitian ini mengimplementasikan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO), yang mencari rute distribusi barang yang optimal. ACO digunakan untuk meniru perilaku semut dalam menemukan jalur terpendek barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP)."	<i>Ant Colony Optimization</i> (ACO), Algoritma Optimasi	Kekuatan : ACO dapat menemukan solusi dalam optimasi dengan pendekatan berbasis populasi. Kelemaha n: Memerlukan iterasi yang cukup banyak untuk konvergen si ke solusi optimal.	Algoritma ACO ini dapat diterapkan dalam sistem distribusi barang di Kantor Pos Wlingi untuk mengoptimalkan rute dengan pengiriman barang berbasis populasi dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Serta
Aplikasinya,

3.4 Tahap-Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ⁴⁵ research and development mencakup identifikasi potensi dan masalah, pengumpulan data, perancangan produk, validasi desain, revisi desain, pengujian produk, revisi produk, pengujian penggunaan, revisi produk, serta produksi massal. (Sugiyono, 2013). Adapun diagram alir pada ¹⁰¹ penelitian yang akan dilakukan adalah seperti gambar 3.4 dibawah.



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian
(Sugiyono, 2013)

A. Identifikasi Masalah

Tahapan identifikasi masalah bertujuan untuk memahami dan merumuskan masalah yang terjadi pada Kantor Pos Wlingi, khususnya dalam proses pengiriman barang.

B. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilaksanakan dengan cara observasi dan wawancara. Observasi merupakan proses mengamati secara langsung pemrosesan barang sebelum dikirim ke Alamat tujuan. Wawancara dilakukan dengan kepala kantor pos dan kurir untuk mendapatkan informasi mendalam mengenai alur kerja, permasalahan, dan kebutuhan.

C. *Rapid Application Development*

Proses pengembangan sistem dengan metode *Rapid Application Development* dilakukan melalui 4 tahap.

1. *Requirements Planning*, tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan merumuskan spesifikasi sistem secara umum. Informasi diperoleh melalui observasi dan wawancara, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan sistem pada tahap berikutnya.

2. *User Design*, Tahap ini merupakan proses perancangan awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis. Pada tahap ini dilakukan penyusunan *use case diagram*, deskripsi *use case*, serta rancangan antarmuka sistem. Rancangan tersebut dituangkan dalam bentuk prototype yang kemudian diuji menggunakan metode *black-box testing* untuk memastikan bahwa setiap fungsionalitas sistem berjalan

sesuai dengan kebutuhan. Berikut pada tabel 3.6 merupakan skenario pengujian

Black Box Testing yang akan dilakukan:

Tabel 3.6 Skenario Pengujian

No.	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Input	Output yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1.	Login Pengguna	Pengguna memasukkan email dan password yang benar	Email, Password	Pengguna berhasil masuk ke sistem	
2.	Login gagal	Pengguna memasukkan email atau password yang salah	Email atau Password salah	Sistem menampilkan pesan error "Email atau password salah"	
3.	Memilih Menu	Pengguna dapat memilih menu menu yang ada pada halaman website	Klik menu-navigasi	Sistem mengarahkan kehalaman dari menu yang dipilih	
4.	Input Titik Pengantar	Pengguna mengisi semua data lokasi tujuan	Nama jalan, Nama desa, Nama kecamatan, Nama Kabupaten, Nama provinsi	Sistem menyimpan data titik pengantar dengan benar	
5.	Input Titik Pengantar Gagal	Pengguna tidak mengisi semua data lokasi tujuan	Data tidak lengkap (misalnya hanya nama jalan)	Sistem menampilkan pesan error "Harap lengkapi data lokasi pengantar"	
6.	Ubah Titik Pengantar	Pengguna mengubah data lokasi tujuan yang sudah ada	Nama jalan baru, Nama desa, Nama kecamatan, Nama kabupaten, Provinsi	Sistem menyimpan perubahan	
7.	Hapus Titik Pengantar	Pengguna menghapus salah satu data titik pengantar	Klik tombol hapus dan konfirmasi "Ya"	Sistem menghapus data	
8.	Penentuan Rute Terpendek	Sistem menghitung rute optimal berdasarkan titik yang dimasukkan	Titik awal dan beberapa titik tujuan	Sistem menampilkan rute optimal	

9.	Estimasi Waktu Pengiriman	Tampil estimasi waktu perjalanan	Titik awal dan beberapa titik tujuan	Sistem menampilkan estimasi waktu perjalanan
----	---------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--

3. Ketiga *Construction*, tahap ini sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya mulai diimplementasikan ke dalam bentuk aplikasi. Proses konstruksi mencakup pengembangan program, integrasi antar komponen, serta penyempurnaan berkelanjutan.

4. Keempat *Cutover*, tahap ini merupakan tahap akhir pengembangan, yaitu pengujian akhir ke pengguna, peluncuran sistem, pelatihan pengguna, serta evaluasi implementasi. Pengujian akhir yang dilakukan pada tahap ini adalah pengujian dengan metode beta testing. Dalam penelitian ini, pengujian beta dilakukan dengan melibatkan sejumlah responden dari berbagai latar belakang untuk mencoba aplikasi sistem informasi geografis dalam menentukan rute. Hasil dari pengujian ini digunakan sebagai dasar untuk memperoleh masukan yang dapat membantu pengembang dalam menyempurnakan aplikasi, sehingga sistem yang dirilis menjadi lebih optimal dan sesuai dengan ekspektasi pengguna. Penilaian dari pengujian beta diperoleh melalui skala nilai yang diberikan oleh responden berdasarkan angket yang telah disediakan.

55
Tabel 3.7 Skala Likert

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

Skala Likert diatas digunakan sebagai dasar untuk menghitung penilaian dari responden, responden dapat memberikan respons terhadap pernyataan mulai dari

“Sangat Setuju” hingga “Sangat Tidak Setuju” dengan setiap pernyataan memiliki skala penilaian dari 5 hingga 1. Pada penelitian ini pengujian *beta testing* dilakukan dengan responden yaitu kurir dari Kantor Pos Wlingi. Hasil dari pengujian *beta testing* ini berfungsi untuk mengevaluasi kelayakan aplikasi yang telah dikembangkan untuk digunakan. Berikut merupakan tabel pernyataan yang akan diberikan kepada responden dalam bentuk angket *beta testing*. Angket ini akan diisi oleh Pimpinan Kantor Pos Wlingi, Kurir Kantor Pos Wlingi dan Ahli IT untuk mengevaluasi sistem yang telah dikembangkan. Pernyataan dalam angket disusun sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.8 Tabel Pemnyataan Kurir

No.	Hasil yang dikerjakan	Tarat kecapaian				
		SS	S	C	TS	STS
Desain Antarmuka Sistem						
1.	Saya merasa setiap menu dan fitur berfungsi dengan baik					
2.	Saya merasa antarmuka sistem mudah dipahami					
Kemudahan Sistem						
3.	Saya merasa sistem memiliki menu dan fitur yang mudah digunakan					
4.	Saya merasa dapat belajar menggunakan sistem dengan cepat					
Kualitas Sistem						
5.	Saya merasa sistem mempunyai keamanan yang memadai					
6.	Saya merasa sistem dapat meminimalisir kesalahan pengguna saat mengelola data					
Kesesuaian Sistem						
7.	Saya merasa tampilan sistem sudah memenuhi kebutuhan user					
8.	Saya merasa sistem dapat menampilkan informasi dengan akurat					
Kepuasan Pengguna						
9.	Saya merasa puas dengan sistem yang telah dibuat					
10.	Saya merasa sistem mampu memenuhi kebutuhan pengguna					

Tabel 3.9 Pernyataan Ahli IT

No.	Aspek	Hasil yang dikerjakan	Taraf kecapaian				
			SS	S	C	TS	STS
1.	User Interface	Saya merasa setiap menu dan fitur berfungsi dengan baik					
2.	User Interface	Saya merasa antarmuka sistem mudah dipahami					
3.	Fungsi dan Logika Aplikasi	Saya merasa sistem memiliki menu dan fitur yang mudah digunakan					
4.	Fungsi dan Logika Aplikasi	Saya merasa dapat belajar menggunakan sistem dengan cepat					
5.	Kualitas Informasi dan Respon	Saya merasa sistem mempunyai keamanan yang memadai					
6.	Kualitas Informasi dan Respon	Saya merasa sistem dapat meminimalisir kesalahan pengguna saat mengelola data					
7.	Fleksibilitas dan Keamanan Sistem	Saya merasa tampilan sistem sudah memenuhi kebutuhan user					
8.	Fleksibilitas dan Keamanan Sistem	Saya merasa sistem dapat menampilkan informasi dengan akurat					

D. Kesimpulan

Tahapan ini dilakukan analisis terhadap seluruh proses yang telah dijalankan, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, hingga pengembangan sistem. Tahap ini bertujuan untuk merangkum temuan utama dari seluruh proses, mengevaluasi apakah solusi yang diusulkan efektif, serta memberikan rekomendasi untuk langkah selanjutnya.

106
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Dalam perancangan dan pembangunan website sistem informasi geografis untuk menentukan rute pengiriman barang tercepat, pengembangan sistem dilakukan dengan pendekatan *Research and Development* (R&D) menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD). Metode RAD terdiri dari empat tahapan utama, yaitu perencanaan kebutuhan (*Requirements Planning*), perancangan antarmuka pengguna (*User Design*), pembangunan sistem (*Construction*), dan penerapan sistem (*Cutover*). Pada bab ini, akan dijelaskan secara rinci setiap tahapan dalam proses pengembangan menggunakan model RAD tersebut.

A. Requirements Planning

Tahap perencanaan kebutuhan merupakan langkah awal dalam metode *Rapid Application Development* (RAD) yang bertujuan untuk mengidentifikasi seluruh kebutuhan sistem, baik dari sisi perangkat keras, perangkat lunak, juga kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Adapun kebutuhan yang diperlukan dalam pengembangan sistem informasi geografis penentuan rute pengantaran barang adalah sebagai berikut:

108
1. 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 yang stabil untuk integrasi dengan peta digital (Leaflet)

69
2. Kebutuhan Perangkat Lunak:

a. Sistem operasi: Windows 10 / Linux / MacOs

b. Code editor: Visual Studio Code

c. Web server: XAMPP

41
d. Bahasa pemrograman: PHP (Menggunakan *framework* Laravel)

e. Database: MySQL

3. Kebutuhan Sistem:

a. Pengguna dapat menginput data alamat pengiriman.

b. Sistem dapat menentukan dan menampilkan rute pengiriman tercepat

berdasarkan alamat yang dimasukkan.

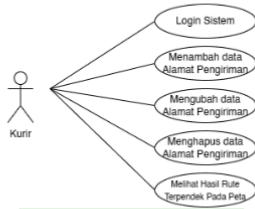
Dengan melakukan perencanaan kebutuhan ini, proses pengembangan sistem menjadi lebih terarah dan dapat menghindari kesalahan fungsional di tahap berikutnya.

151 **B. User Design**

Tahap ini merupakan proses perancangan awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan penyusunan use case diagram, deskripsi use case, serta perancangan antarmuka sistem dalam bentuk mockup. Seluruh rancangan tersebut kemudian diwujudkan dalam bentuk prototype yang dapat dijalankan untuk menggambarkan alur kerja sistem secara visual. Prototype ini selanjutnya diuji dan dievaluasi secara iteratif untuk

memastikan bahwa fungsionalitas sistem telah sesuai dengan kebutuhan. Hasil dari tahap ini menjadi acuan dalam pengembangan sistem pada tahap selanjutnya.

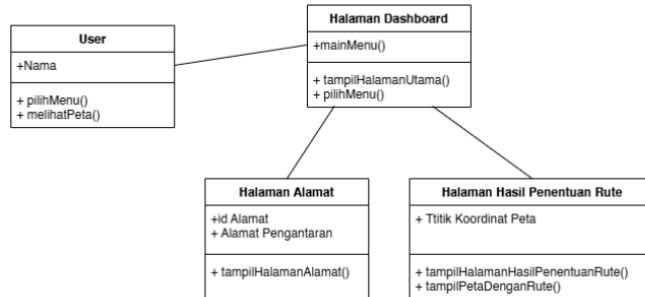
29 1. Use case diagram



Gambar 4.1 Use case diagram

Gambar 4.1 menunjukkan *use case diagram* yang menggambarkan interaksi antara pengguna (*user*) dengan sistem. Terdapat lima *use case* utama yang dapat dilakukan oleh pengguna, yaitu: Login Sistem, Menambah data Alamat Pengiriman, Mengubah data Alamat Pengiriman, Menghapus data Alamat Pengiriman, dan Melihat Hasil Rute Terpendek Pada Peta. Diagram ini menunjukkan bahwa pengguna memiliki kendali penuh dalam mengelola data alamat pengiriman serta melihat hasil rute terpendek yang telah diproses oleh sistem.

22 2. Class diagram

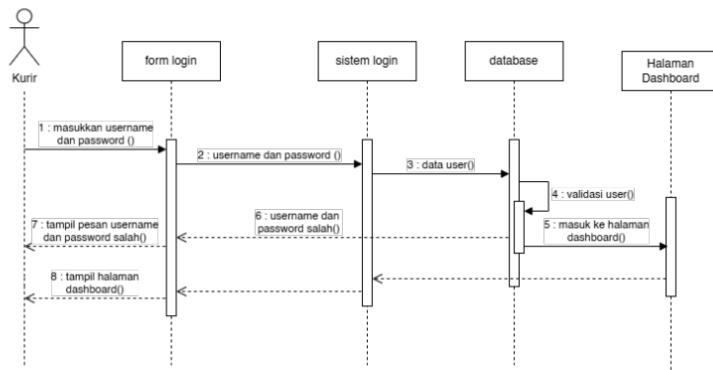


Gambar 4.2 Class diagram

Gambar 4.2 menunjukkan *class diagram* yang menggambarkan struktur utama Sistem Informasi Geografis Penentuan Rute Terpendek Pengantaran Barang, mencakup hubungan antar kelas, atribut, dan operasinya. Kelas User merepresentasikan pengguna yang berinteraksi dengan sistem melalui Halaman Dashboard sebagai pusat navigasi. Halaman Alamat digunakan untuk menginput data tujuan pengiriman, sementara Halaman Hasil Penentuan Rute menampilkan rute optimal yang dihitung menggunakan algoritma Ant Colony Optimization (ACO). Diagram ini menunjukkan bagaimana sistem bekerja dalam mengelola data alamat dan menentukan rute terbaik untuk efisiensi pengiriman barang.

3. Sequence diagram

a. Sequence login

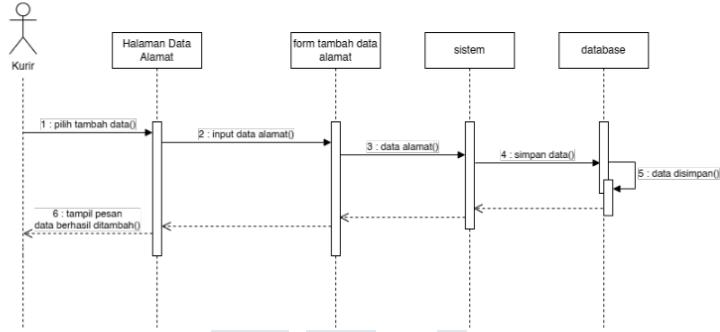


Gambar 4.3 Sequence login

Gambar 4.3 menunjukkan *sequence login* yang menggambarkan alur proses *login* dalam sistem. Proses dimulai ketika pengguna memasukkan *username* dan *password* pada *form login*, yang kemudian dikirim ke sistem *login*. Sistem meneruskan permintaan ke *database* untuk mengambil data pengguna. Setelah itu,

⁷⁹
database melakukan validasi *user*. Jika validasi berhasil, pengguna diarahkan ke halaman *dashboard*. Namun, jika data yang dimasukkan salah, sistem akan menampilkan pesan *error* bahwa *username* atau *password* tidak valid. Diagram ini menunjukkan bagaimana sistem menangani autentikasi pengguna secara berurutan.

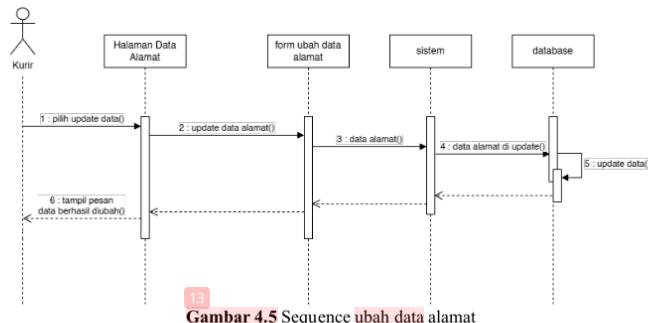
²⁰
b. *Sequence* tambah data alamat



Gambar 4.4 Sequence diagram yang menggambarkan proses

penambahan data alamat dalam sistem. Proses dimulai ketika pengguna memilih opsi tambah data pada Halaman Data Alamat. Selanjutnya, pengguna menginput data melalui *form* tambah data alamat, yang kemudian dikirim ke sistem. Sistem meneruskan permintaan untuk menyimpan data ke database. Apabila proses penyimpanan berhasil, Database akan mengonfirmasi bahwa data telah disimpan, dan sistem menampilkan pesan “data berhasil ditambah” kepada pengguna.

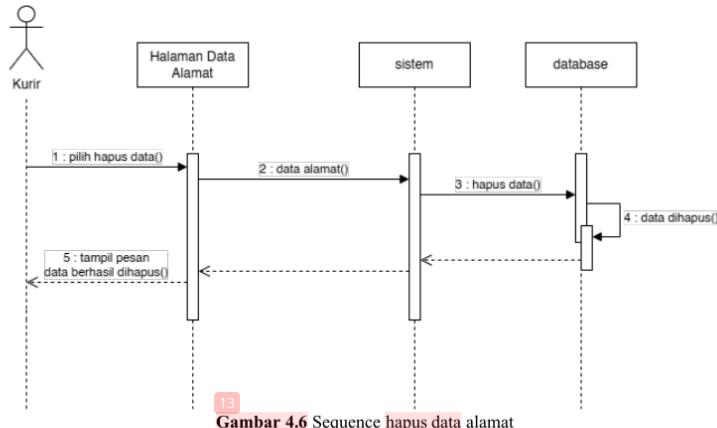
c. Sequence ubah data alamat



Gambar 4.5 Sequence ubah data alamat

Gambar 4.5 menunjukkan *sequence diagram* yang menggambarkan proses pengubahan data alamat dalam sistem. Proses dimulai ketika pengguna memilih opsi *update* data pada Halaman Data Alamat. Selanjutnya, pengguna mengupdate data melalui *form* tambah data alamat, yang kemudian dikirim ke sistem. Sistem meneruskan permintaan untuk mengupdate data ke database. Database kemudian melakukan pembaruan sesuai dengan data yang diterima dari sistem. Setelah proses pembaruan selesai, sistem menampilkan pesan "data berhasil diupdate" sebagai konfirmasi bahwa perubahan telah terupdate dengan sukses.

d. *Sequence* hapus data alamat

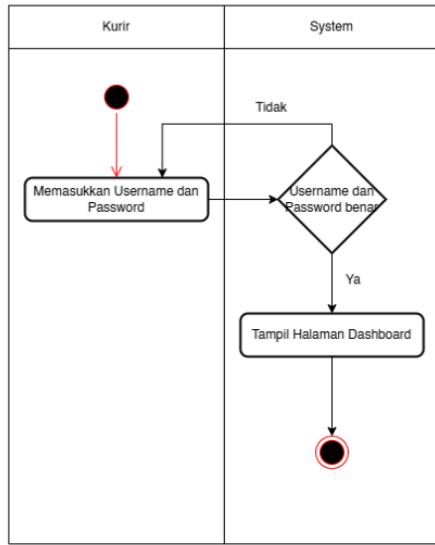


Gambar 4.6 Sequence hapus data alamat

Gambar 4.6 menunjukkan *sequence diagram* yang menggambarkan proses penghapusan data alamat dalam sistem. Proses dimulai ketika pengguna memilih opsi hapus data pada Halaman Data Alamat. Selanjutnya, sistem mengambil data alamat yang akan dihapus dan meneruskan permintaan penghapusan ke database. Database kemudian menghapus data yang diminta oleh sistem. Setelah proses penghapusan selesai, sistem menampilkan pesan "data berhasil dihapus" sebagai konfirmasi bahwa data telah dihapus dengan sukses.

4. Activity Diagram

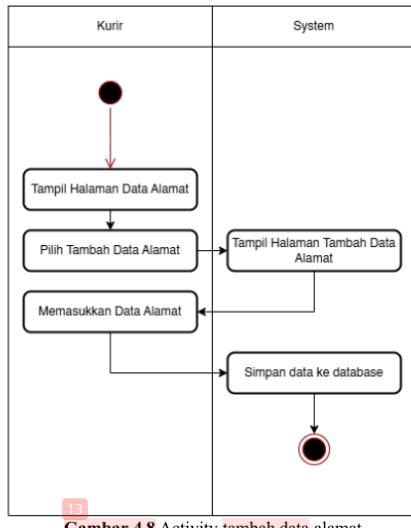
a. Activity login



Gambar 4.7 Activity login

Gambar 4.7 menunjukkan *activity login* yang menggambarkan proses login admin dalam sistem. Proses dimulai ketika admin memasukkan username dan password ke dalam sistem. Setelah itu, sistem akan melakukan verifikasi terhadap kredensial yang dimasukkan. Jika username dan password yang diberikan benar, sistem akan menampilkan halaman dashboard admin sebagai tanda bahwa login berhasil. Proses ini berakhir setelah dashboard admin ditampilkan.

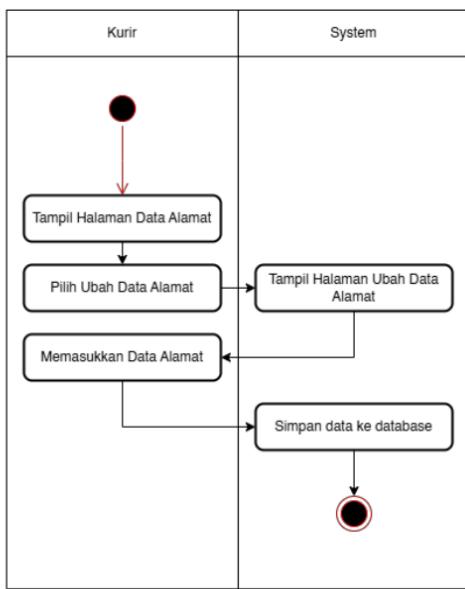
b. *Activity* tambah data alamat



Gambar 4.8 Activity tambah data alamat

Gambar 4.8 menunjukkan *activity diagram* yang menggambarkan proses penambahan data alamat dalam sistem. Proses dimulai ketika kurir membuka halaman data alamat. Selanjutnya, kurir memilih opsi tambah data alamat dan memasukkan data alamat yang diperlukan. Sistem kemudian menampilkan halaman tambah data alamat dan menyimpan data yang dimasukkan ke dalam database. Setelah data berhasil disimpan, proses penambahan data alamat selesai.

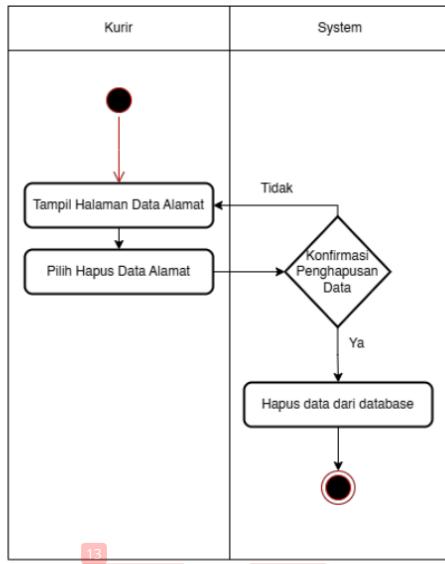
7
c. *Activity* ubah data alamat



Gambar 4.9 Activity ubah data alamat

Gambar 4.9 menunjukkan *activity diagram* yang menggambarkan proses pengubahan data alamat dalam sistem. Proses dimulai ketika kurir membuka halaman data alamat. Selanjutnya, kurir memilih opsi ubah data alamat dan 12 memasukkan data alamat yang baru. Sistem kemudian menampilkan halaman ubah data alamat dan menyimpan perubahan data ke dalam database. Setelah data berhasil diperbarui, proses pengubahan data alamat selesai.

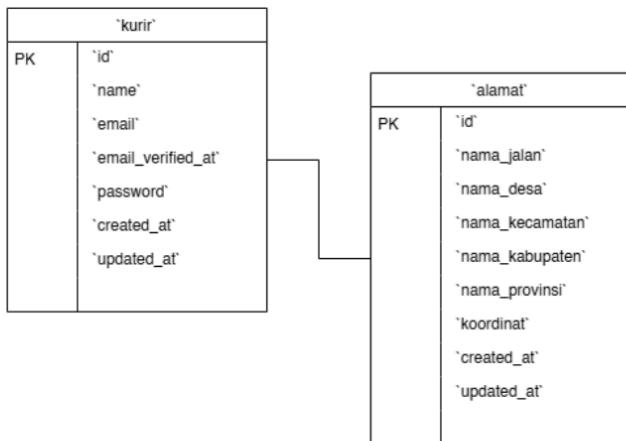
d. *Activity* hapus data alamat



Gambar 4.10 Activity *hapus data alamat*

Gambar 4.10 menunjukkan *activity diagram* yang menggambarkan proses penghapusan data alamat dalam sistem. Proses dimulai ketika kurir membuka halaman data alamat. Selanjutnya, kurir memilih opsi hapus data alamat. Sistem kemudian menampilkan konfirmasi penghapusan data. Jika pengguna mengonfirmasi, sistem akan menghapus data dari *database*. Setelah data berhasil dihapus, proses penghapusan data alamat selesai.

24
5. Entity relationship diagram

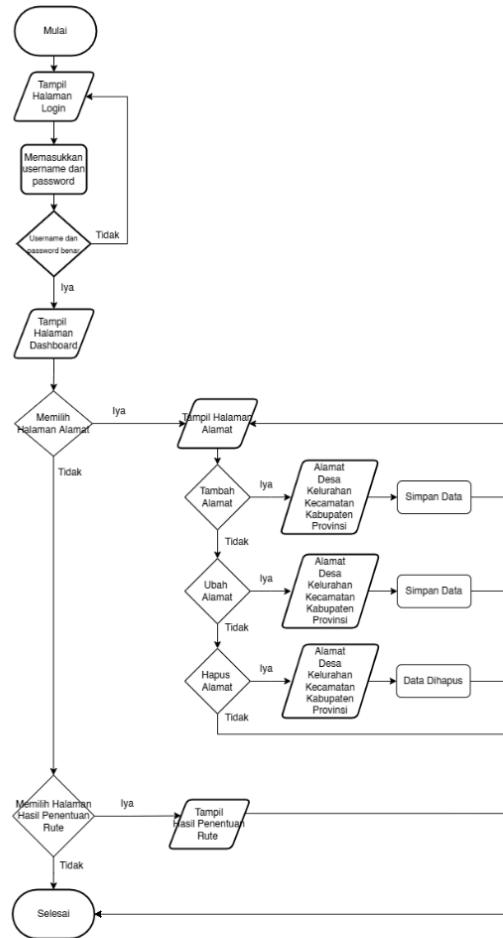


Gambar 4.11 Entity relationship diagram

Gambar 4.11 menunjukkan entity relationship diagram yang menggambarkan rancangan database yang akan dibuat. Rancangan database ini memiliki dua tabel, yaitu tabel kurir dan tabel alamat. Tabel kurir digunakan untuk menyimpan informasi terkait kurir beserta kredensial. Tabel kurir memiliki kolom utama seperti *id* sebagai Primary Key untuk pengenal unik, *name* untuk nama kurir, *email* untuk alamat email, *email_verified_at* untuk mencatat waktu verifikasi email, *password* untuk autentikasi, serta *created_at* dan *updated_at* untuk melacak waktu pembuatan dan pembaruan data. Tabel alamat digunakan untuk menyimpan informasi terkait alamat pengiriman barang. Tabel alamat memiliki kolom utama seperti *id* sebagai Primary Key, *nama_jalan*, *nama_desa*, *nama_kecamatan*, *nama_kabupaten*, dan *nama_provinsi* untuk mencatat detail lokasi, serta *koordinat* yang merepresentasikan koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*). Tabel ini juga

memiliki kolom *created_at* dan *updated_at* untuk mencatat waktu pembuatan dan pembaruan data.

6. Flowchart



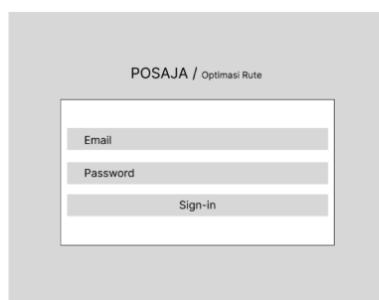
Gambar 4.12 Flowchart

Gambar 4.12 menunjukkan *flowchart* dari program1 yang akan dibuat.

Flowchart dimulai dengan tampilan halaman *login*, dimana pengguna akan ⁵ memasukkan *username* dan *password* untuk mengakses sistem. Jika *username* dan *password* yang dimasukkan benar maka pengguna akan diarahkan ke halaman *dashboard*. Pada halaman *dashboard* pengguna dapat memilih halaman Alamat ¹¹⁹ dimana pengguna dapat mengelola data alamat, seperti menambah, mengubah, dan menghapus alamat. Selain itu pengguna dapat memilih halaman Hasil Penentuan ¹⁵⁵ Rute, dimana pada halaman ini pengguna dapat melihat hasil penentuan rute terpendek.

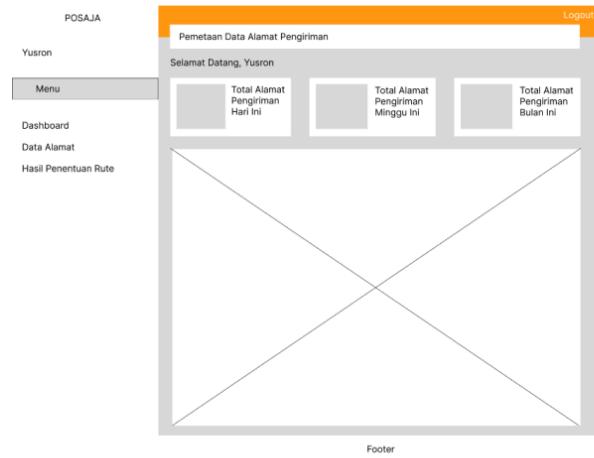
7. Prototyping

a. Halaman *login*



Gambar 4.13 Halaman *login*

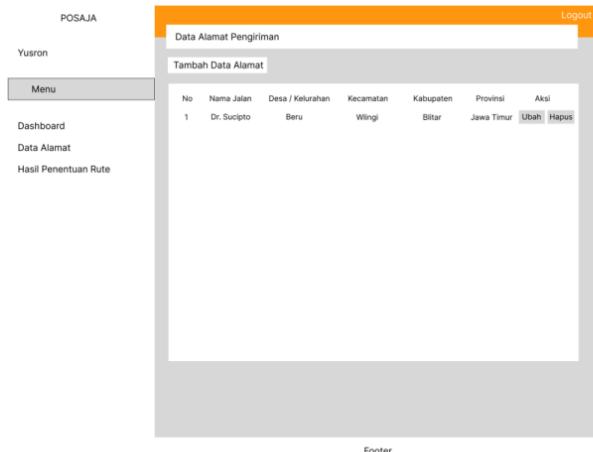
Gambar 4.13 menunjukkan *prototype* dari halaman *login* dari sistem informasi geografis yang akan dibuat. Halaman *login* berfungsi sebagai pintu masuk bagi kurir untuk mengakses keseluruhan fitur dan halaman yang tersedia. Pada halaman *login* terdapat dua kolom input untuk memasukkan *username* dan *password*.

b. Halaman *dashboard***Gambar 4.14** Halaman *dashboard*

Gambar 4.14 menunjukkan *prototype* dari halaman *dashboard* dari sistem informasi geografis yang akan dibuat. Pada halaman *dashboard* terdapat *sidebar* dengan isi *Dashboard*, Data Alamat, dan Hasil Penentuan Rute. Dimana Ketika pengguna menekan Data Alamat maka akan diarahkan ke halaman Data Alamat, dan Ketika pengguna menekan Hasil Penentuan Rute maka akan diarahkan ke halaman Hasil Penentuan Rute. Selain itu pada *Dashboard* terdapat *box-box* yang menampilkan total alamat pengiriman hari ini, minggu ini, dan bulan ini.

23

c. Halaman data alamat



Gambar 4.15 Halaman data alamat

Gambar 4.15 menunjukkan *prototype* halaman Data Alamat dari sistem informasi geografis yang akan dibuat. Pada halaman Data Alamat terdapat *sidebar* dengan isi *Dashboard*, Data Alamat, dan Hasil Penentuan Rute. Dimana Ketika pengguna menekan *Dashboard* maka akan diarahkan ke halaman *Dashboard*, dan Ketika pengguna menekan Hasil Penentuan Rute maka akan diarahkan ke halaman Hasil Penentuan Rute. Pada halaman ini terdapat juga tabel yang akan menampilkan data alamat-alamat pengiriman. Selain itu terdapat tombol untuk menambah, mengubah, dan menghapus alamat.

121

74
d. Halaman tambah data alamat

POSAJA
Yusron
Menu
Dashboard
Data Alamat
Hasil Penentuan Rute

Tambah Data Alamat

Nama Jalan :
Nama Desa / Kelurahan :
Nama Kecamatan :
Nama Kabupaten :
Nama Provinsi :

Check Tambah

Logout

Footer

Gambar 4.16 Halaman tambah data alamat

Gambar 4.16 menunjukkan *prototype* halaman Tambah Alamat dari sistem

informasi geografis yang akan dibuat. Pada halaman Tambah Alamat pengguna dapat menginputkan nama jalan, desa / kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi. Tombol *check* berfungsi untuk menampilkan hasil visualisasi peta pada box bagian kanan. Jika dirasa titik alamat sudah benar maka pengguna dapat menekan tombol tambah untuk menambahkan data alamat.

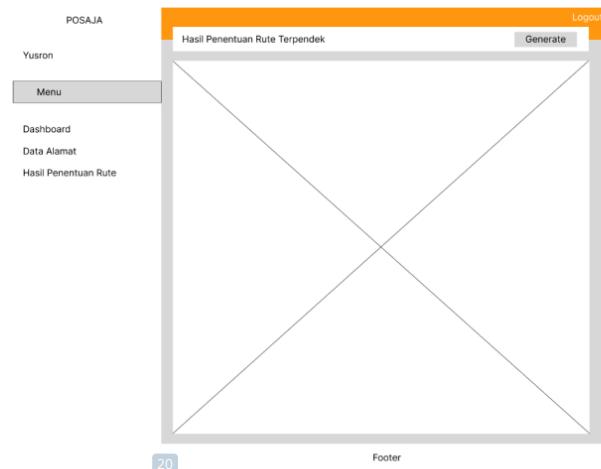
7
e. Halaman ubah data alamat

Gambar 4.17 Halaman ubah data alamat

Gambar 4.17 menunjukkan menunjukkan *prototype* halaman Ubah Alamat

dari sistem informasi geografis yang akan dibuat. Pada halaman Ubah Alamat pengguna dapat mengubah nama jalan, desa / kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi. Tombol *check* berfungsi untuk menampilkan hasil visualisasi peta pada box bagian kanan. Jika dirasa titik alamat sudah benar maka pengguna dapat menekan tombol simpan untuk megubah data alamat.

f. Halaman hasil penentuan rute



Gambar 4.18 Halaman hasil penentuan rute

Gambar 4.18 menunjukkan *prototype* halaman Hasil Penentuan Rute dari sistem informasi geografis yang akan dibuat. Pada halaman Hasil Penentuan Rute pengguna dapat menekan tombol *generate* untuk menghitung rute terpendek menuju alamat-alamat tujuan. Box besar berfungsi untuk menampilkan hasil rute terpendek ke alamat-alamat tujuan.

g. *Test*

Pengujian terhadap website telah dilakukan dengan total sembilan skenario pengujian menggunakan metode *black-box testing*, yang berfokus pada pengujian berbasis skenario untuk memastikan bahwa setiap fitur berfungsi sesuai dengan rancangan. Secara umum, seluruh fitur inti seperti login, navigasi menu, pengelolaan data titik pengantaran, dan penentuan rute telah diuji dengan hasil sesuai harapan.

50

Namun, pada tahap awal pengujian, fitur penentuan rute terpendek yang menggunakan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) sempat mengalami kendala. Algoritma tidak langsung menghasilkan rute yang sesuai, sehingga diperlukan proses perbaikan dan penyesuaian. Berikut disajikan tabel 4.1 yang berisi skenario pengujian *blackbox-testing* pada website sistem informasi geografis penentuan rute terpendek pengantaran barang.

Tabel 4.1 Skenario pengujian website

No.	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Input	Output yang Diharapkan	Hasil Pengujian
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.	Memilih Menu	Pengguna dapat memilih menu menu yang ada pada halaman website	Klik menu-menu navigasi	Sistem mengarahkan kehalaman dari menu 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 tujuan yang sudah ada	Nama jalan baru, Nama desa, Nama kecamatan, Nama kabupaten, Provinsi	Sistem menyimpan perubahan	Berhasil
7.	Hapus Titik Pengantaran	Pengguna menghapus	Klik tombol hapus	Sistem menghapus data	Berhasil

	salah satu data titik pengantaran	konfirmasi "Ya"		
8. Penentuan Rute Terpendek	Sistem menghitung rute optimal berdasarkan titik yang dimasukkan	Titik awal dan beberapa titik tujuan	Sistem menampilkan rute optimal	Berhasil
9. Estimasi Waktu Pengiriman	Tampil estimasi waktu perjalanan	Titik awal dan beberapa titik tujuan	Sistem menampilkan estimasi waktu perjalanan	Berhasil

Pengujian terhadap *website* telah dilakukan dengan total sembilan skenario pengujian, yang dijelaskan sebagai berikut :

Skenario berhasil : 9

Skenario gagal : 0

Persentase pengujian :

$$\frac{\text{Jumlah Pengujian Berhasil}}{\text{Jumlah Pengujian Dijalankan}} \times 100\% = \frac{9}{9} \times 100\% = 100\%$$

h. *Refine*

Setelah dilakukan pengujian terhadap prototype, ditemukan bahwa fitur penentuan rute terpendek yang menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) belum menghasilkan output yang sesuai harapan pada tahap awal. Beberapa permasalahan yang muncul meliputi ketidaksesuaian urutan titik yang dipilih serta hasil rute yang tidak optimal. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan proses perbaikan terhadap implementasi algoritma ACO, yaitu penyesuaian nilai parameter (alpha, beta, jumlah semut, jumlah iterasi, dan tingkat evaporasi feromon) serta perbaikan pada logika pemrosesan rute. Setelah proses refine dilakukan, algoritma mampu menghasilkan rute dengan total jarak tempuh yang lebih rendah dan sesuai dengan input titik pengantaran yang diberikan.

C. Construction

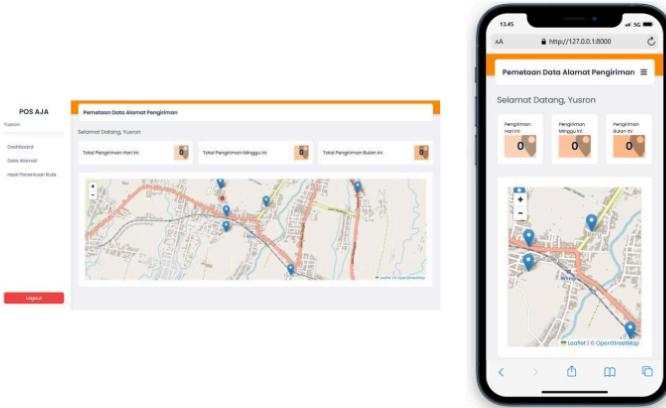
1. Halaman login



Gambar 4.19 Halaman login 85

Gambar 4.19 menunjukkan halaman login berfungsi sebagai gerbang awal 130 bagi kurir untuk masuk ke dalam sistem dan mengakses fitur-fitur yang tersedia. Di 88 halaman ini, pengguna diminta untuk memasukkan email dan password sebagai proses verifikasi. Jika data yang dimasukkan benar, maka pengguna dapat 5 melanjutkan ke halaman utama sistem.

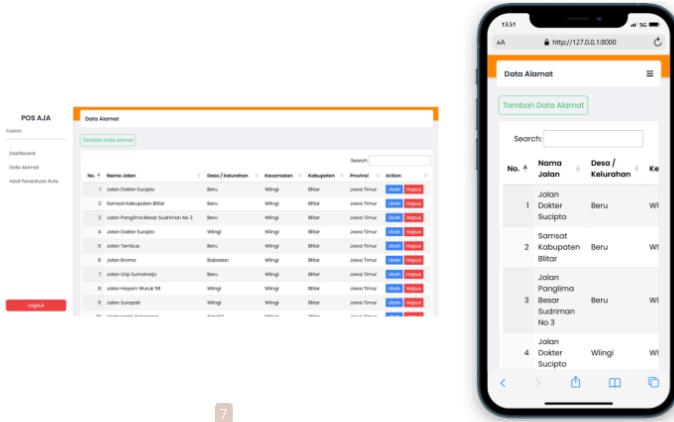
2. Halaman *dashboard*



Gambar 4.20 Halaman *dashboard*

Gambar 4.20 menunjukkan halaman *dashboard* yang menampilkan ringkasan informasi pengiriman yang telah dilakukan oleh kurir. Di halaman ini, pengguna akan disambut dengan ucapan selamat datang yang disesuaikan dengan nama akun yang login. Terdapat tiga kotak informasi utama yang menampilkan total pengiriman hari ini, minggu ini, dan bulan ini. Selain itu, dashboard juga dilengkapi dengan tampilan peta interaktif yang menunjukkan titik-titik alamat pengiriman. Peta ini berguna untuk memberikan gambaran lokasi pengiriman secara visual, sehingga memudahkan kurir dalam memahami sebaran rute pengiriman. Menu navigasi di sisi kiri memudahkan pengguna untuk berpindah ke halaman lain seperti data alamat dan hasil penentuan rute.

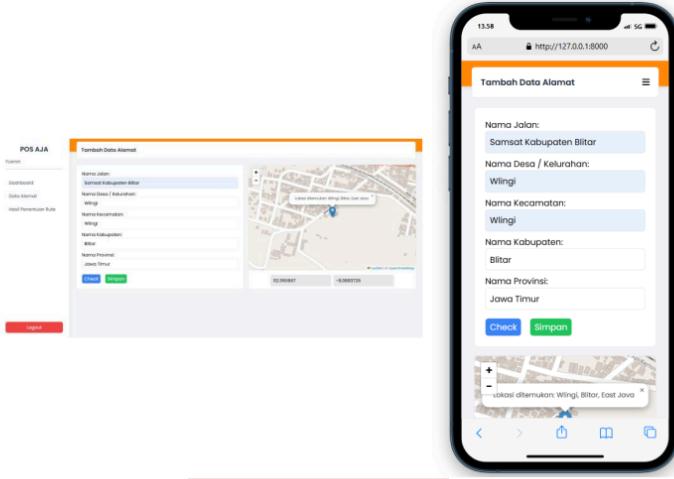
3. Halaman data alamat



7 Gambar 4.21 Halaman data alamat

Gambar 4.21 menunjukkan halaman data alamat yang berfungsi untuk menampilkan dan mengelola data alamat tujuan pengiriman. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat daftar alamat lengkap yang mencakup nama jalan, desa atau kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi. Setiap baris data disertai dengan tombol Ubah dan Hapus yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pengeditan atau penghapusan data alamat yang sudah ada. Selain itu, tersedia fitur pencarian di bagian kanan atas untuk mempermudah pengguna dalam mencari alamat tertentu. Terdapat pula tombol Tambah Data Alamat di bagian atas tabel 152 yang digunakan untuk menambahkan alamat baru ke dalam sistem.

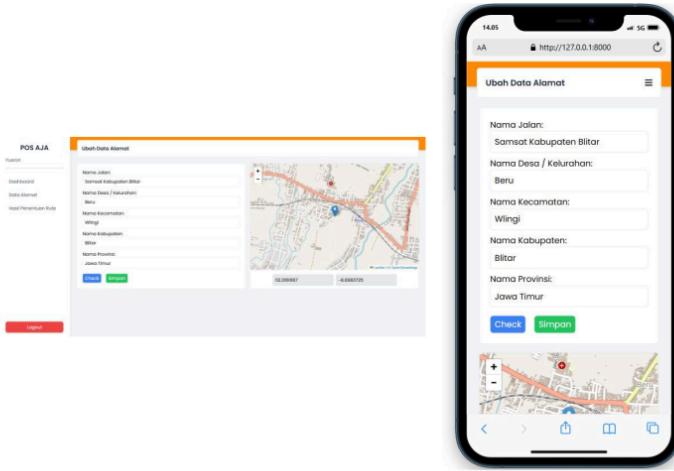
7
4. Halaman tambah data alamat



Gambar 4.22 Halaman tambah data alamat

Gambar 4.22 menunjukkan halaman tambah data alamat digunakan untuk memasukkan data alamat tujuan pengiriman ke dalam sistem. Pengguna dapat mengisi beberapa field seperti nama jalan, desa/kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi. Setelah data diisi, pengguna dapat menekan tombol Check untuk memvalidasi lokasi pada peta. Sistem akan menampilkan penanda (marker) di peta yang menunjukkan posisi berdasarkan informasi alamat yang dimasukkan. Koordinat lokasi (latitude dan longitude) juga akan muncul secara otomatis di bawah peta. Jika lokasi sudah sesuai, pengguna dapat menekan tombol Simpan untuk menyimpan data ke dalam sistem.

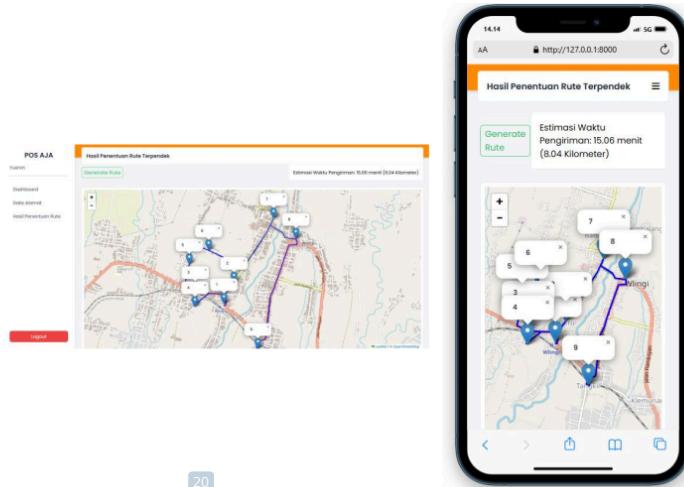
7
5. Halaman ubah data alamat



Gambar 4.23 Halaman ubah data alamat

Gambar 4.23 menunjukkan halaman ubah data alamat digunakan untuk mengedit atau memperbarui informasi alamat pengiriman yang sudah tersimpan dalam sistem. Formulir pada halaman ini berisi field yang sama seperti halaman tambah data, yaitu nama jalan, desa/kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi. Pengguna dapat memodifikasi data sesuai kebutuhan, kemudian menekan tombol Check untuk memverifikasi lokasi pada peta berdasarkan data yang telah diperbarui. Setelah lokasi terdeteksi, sistem akan menampilkan penanda pada peta beserta koordinat latitude dan longitude di bawahnya. Jika data dan lokasi sudah sesuai, pengguna dapat menekan tombol Simpan untuk menyimpan perubahan.

6. Halaman hasil



Gambar 4.24 Halaman hasil penentuan rute

Gambar 4.24 menunjukkan halaman hasil penentuan rute terpendek menampilkan hasil perhitungan rute optimal dari sejumlah alamat pengiriman yang telah dimasukkan sebelumnya. Saat pengguna menekan tombol Generate Rute, sistem akan menampilkan urutan titik pengiriman terbaik berdasarkan jarak atau waktu tempuh paling efisien. Setiap titik ditandai dengan nomor urut pada peta, menunjukkan urutan kunjungan kurir. Di bagian atas peta, ditampilkan estimasi waktu pengiriman dan total jarak yang harus ditempuh. Dengan adanya visualisasi ini, kurir dapat mengetahui rute tercepat yang harus diikuti untuk menghemat waktu dan tenaga saat melakukan pengiriman.

D. Cutover

Tahapan Cutover, dilakukan pelatihan kepada pengguna akhir agar mereka dapat menggunakan sistem secara optimal. Dalam konteks sistem informasi geografis penentu rute pengiriman barang tercepat ini, sistem telah diuji menggunakan skenario pengiriman untuk memastikan akurasi rute dan kecepatan respons sistem. Selain itu, dilakukan pula evaluasi efektivitas sistem melalui perbandingan antara rute hasil optimasi dengan rute manual yang biasa digunakan oleh kurir. Data rute manual diperoleh melalui wawancara dan observasi langsung terhadap kurir, mencakup daftar alamat tujuan serta urutan pengiriman yang selama ini diterapkan.

1. Pengujian

Pengujian *beta testing* dilakukan oleh 3 responden yaitu satu kurir pos kantor wlingi dan juga dua ahli IT dari Pt. Rafli Kreasi Teknologi. Hasil pengujian *beta testing* digunakan untuk melihat apakah aplikasi yang telah dibangun layak untuk digunakan.

a) Pengujian ahli IT

Pengujian ahli IT dilakukan dengan melibatkan 3 orang *programmer* yaitu Bapak Much Nur Rafli Anwar selaku direktur PT. Rafli Kreasi Teknologi, Bapak Tamim Fauzy selaku programmer di PT. Rafli Kreasi Teknologi, dan Mas Dimas Andriano H selaku programmer di PT. Havedev Cipta Teknologi. Validasi oleh ahli IT bertujuan untuk menilai kualitas teknis, identifikasi bug, serta memberikan saran perbaikan. Untuk hasil validasi ahli it dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil kuisioner ahli IT

No	Peryataan	Taraif Penilaian				
		SS	S	C	TS	STS
1	Tampilan antarmuka sistem mudah dipahami dan mendukung pengguna dalam menjalankan fungsi-fungsi aplikasi.	0	3	0	0	0
2	Interaksi sistem sederhana dan intuitif, memudahkan pengguna dalam penggunaan 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 mampu melakukan proses CRUD (Create, Read, Update, Delete) sesuai kebutuhan pengguna.	3	0	0	0	0
5	Informasi yang ditampilkan, seperti hasil pemetaan, sudah akurat dan sesuai dengan data input.	2	1	0	0	0
6	Waktu respon sistem cepat, terutama saat proses input dan pemrosesan data.	0	3	0	0	0
7	Menu dan fitur pada sistem dapat diakses dan berfungsi dengan baik.	2	1	0	0	0
8	Sistem memiliki pengamanan yang memadai untuk menjaga data pengguna dan integritas sistem.	0	3	0	0	0
Hasil Skor		10	14	0	0	0

Tabel 4.2 menampilkan hasil skor yang digunakan untuk menghitung persentase

kelayakan dari sistem yang dibangun. Dari hasil skor validasi ahli IT, hasil tabulasi

¹⁷ ditunjukan pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 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 pada tabel 4.3 akan dimasukan kedalam rumus kelayakan, berikut perhitungan rumus kelayakan *website* sistem informasi geografis penentuan rute terpendek pengantaran barang.

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

Berdasarkan hasil dari analisis yang dilakukan dari hasil kuisioner ahli IT, diperoleh hasil perhitungan secara keseluruhan adalah 88,33%.

b) Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna dilakukan dengan melibatkan Mas Yusron, seorang kurir dari Kantor Pos Wlingi dan Bu Titin pimpinan dari Kantor Pos Wlingi, yang bertindak sebagai perwakilan pengguna akhir. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat digunakan dengan mudah serta sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Untuk hasil pengujian pengguna dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil pengujian pengguna

No	Pernyataan	Tarat Penilaian				
		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
Hasil Skor		3	10	3	0	0

Tabel 4.4 menampilkan hasil skor yang digunakan untuk menghitung persentase kelayakan dari sistem yang dibangun. Dari hasil skor pengujian pengguna, hasil tabulasi ditunjukkan pada tabel 4.5.

9
Tabel 4.5 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 pada tabel 4.5 akan dimasukan kedalam rumus kelayakan, berikut perhitungan rumus kelayakan *website* sistem informasi geografis penentuan rute terpendek pengantaran barang.

$$\text{Persentase Kelayakan} : \frac{64}{80} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan hasil dari analisis yang dilakukan dari hasil kuisioner ahli IT, diperoleh hasil perhitungan secara keseluruhan adalah 80%.

Tabel 4.6 Kategori validitas sistem

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%

(Sa'adah & Wahyu, 2020) 54

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

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Nilai kelayakan yang diperoleh}}{\text{Nilai kelayakan maksimal}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{88,33 + 80}{200} \times 100\% \quad 65$$

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{168,33}{200} \times 100\%$$

$$\text{Persentase (\%)} = 84,16$$

Hasil Kesimpulan persentase yang didapatkan sebesar 84,16% sehingga dapat dikategorikan sistem yang “Sangat Valid” sesuai tabel 4.6 kategori kelayakan sistem diatas.

2. Evaluasi

Evaluasi sistem dilakukan dengan membandingkan rute hasil optimasi yang dihasilkan oleh sistem dengan rute manual yang biasa digunakan oleh kurir dalam kegiatan operasional sehari-hari. Evaluasi ini menggunakan data pengiriman pada tanggal 23 Juni 2025 sebagai studi kasus.

a) Data pengiriman 23 Juni 2025

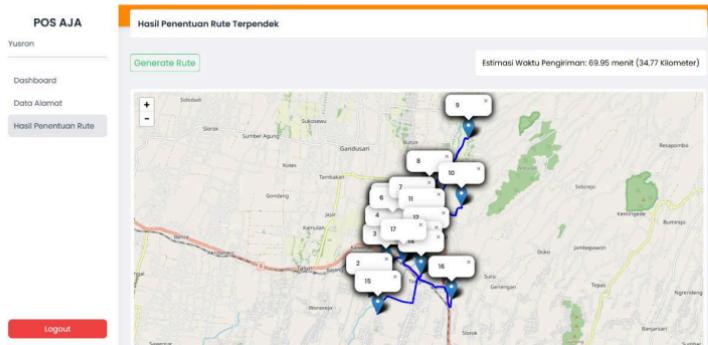
Tabel 4.7 Urutan rute alamat pengantaran 23 Juni 2025

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 Merapi, Babadan, Wlingi	1,3 Km	3 menit
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 →	350 m	1 menit

	Lingkungan Tangkil, Tangkil, Wlingi	
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 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 secara manual, diperoleh total jarak tempuh sebesar 40,2 kilometer dengan estimasi waktu perjalanan selama 74 menit.

b) Hasil rute berdasarkan website



Gambar 4.26 Hasil rute website

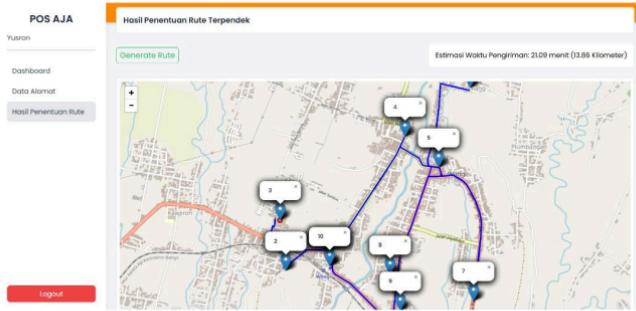
Tabel 4.8 Rute website langkah perlangkah

No	Alamat	Jarak	Waktu
1.	Kantor Pos Wlingi → Lingkungan Kromasan, Beru, Wlingi	2.56 Km	6 menit
2.	Lingkungan Kromasan, Beru, Wlingi → Samsat Wlingi, Beru, Wlingi	1.45 Km	4 menit
3.	Samsat Wlingi, Beru, Wlingi → RSUD Ngudi Waluyo, Wlingi	1.11 Km	2 menit
4.	RSUD Ngudi Waluyo, Wlingi → Jalan Raya Bening, Beru, Wlingi	1.20 Km	2 menit
5.	Jalan Raya Bening, Beru, Wlingi → Perum Putri Residence, Babadan, Wlingi	210 m	1 menit
6.	Perum Putri Residence, Babadan, Wlingi → Jalan Merapi, Babadan, Wlingi	1.22 Km	2 menit
7.	Jalan Merapi, Babadan, Wlingi → Jalan Semeru, Babadan, Wlingi	1.51 Km	3 menit

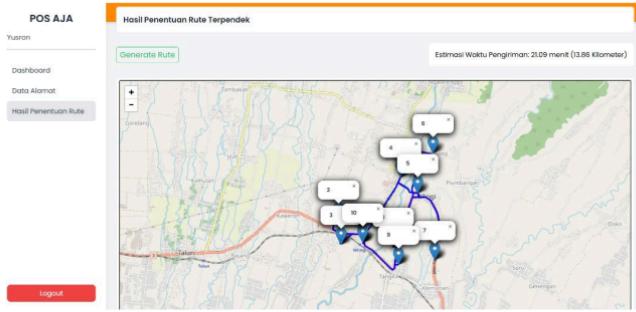
8.	Jalan Semeru, Babadan, Wlingi → Jalan Mastrip, Wlingi	3.07 Km	6 menit
9.	Jalan Mastrip, Wlingi → Dusun Galor, Desa Tembalang, Wlingi	4.90 Km	9 menit
10.	Dusun Galor, Desa Tembalang, Wlingi → Jalan Bromo, Babadan, Wlingi	3.02 Km	7 menit
11.	Jalan Bromo, Babadan, Wlingi → Lingkungan Majegan, Wlingi	1.36 Km	2 menit
12.	Lingkungan Majegan, Wlingi → Jalan Manggis no. 33, Tangkil, Wlingi	0.73 Km	1 menit
13.	Jalan Manggis no. 33, Tangkil, Wlingi → Lingkungan Tangkil, Tangkil, Wlingi	0.51 Km	1 menit
14.	Lingkungan Tangkil, Tangkil, Wlingi → Lingkungan Tenggong, Tangkil, Wlingi	3.25 Km	8 menit
15.	Lingkungan Tenggong, Tangkil, Wlingi → Lingkungan Krakal, Klemunan, Wlingi	5.35 Km	10 menit
16.	Lingkungan Krakal, Klemunan, Wlingi → Kantor Pos Wlingi	3.31 Km	6 menit
Total		34.77 Km	70 menit

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

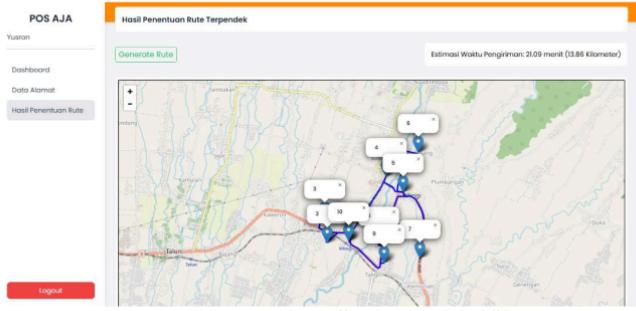
c. Generate rute 8 titik 3 kali



Gambar 4.27 Hasil generate ke-1 (8 titik)



Gambar 4.28 Hasil generate ke-2 (8 titik)

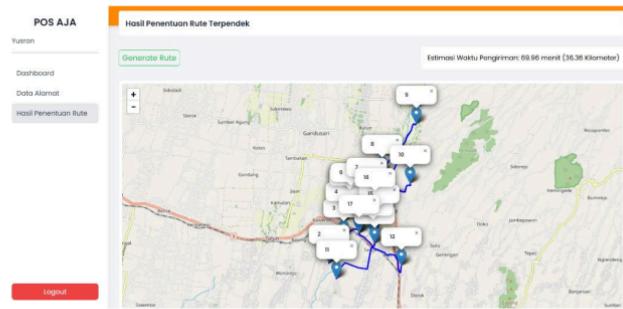


Gambar 4.29 Hasil generate ke-3 (8 titik)

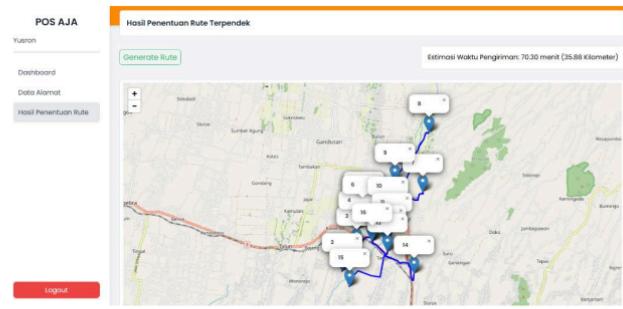
36

Berdasarkan hasil generate rute menggunakan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) yang dilakukan sebanyak tiga kali, diperoleh hasil yang konsisten, baik dari segi jarak tempuh maupun estimasi waktu pengiriman. Pada seluruh percobaan, algoritma ACO menghasilkan rute dengan total jarak tempuh sebesar 13,86 kilometer dan estimasi waktu pengiriman selama 21,09 menit.

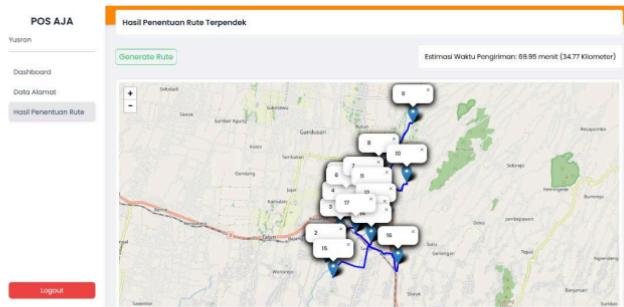
d. *Generate* rute 15 titik 3 kali



Gambar 4.30 Hasil generate ke-1 (15 titik)



Gambar 4.31 Hasil generate ke-2 (15 titik)



Gambar 4.32 Hasil generate ke-3 (15 titik)

36

Berdasarkan hasil *generate rute* menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang dilakukan sebanyak tiga kali, diperoleh variasi hasil baik

dari segi jarak tempuh maupun estimasi waktu pengiriman. Pada percobaan pertama, algoritma menghasilkan rute dengan total jarak tempuh sebesar 36,11 kilometer dan estimasi waktu pengiriman selama 69,51 menit. Pada percobaan kedua, jarak tempuh yang dihasilkan sedikit lebih pendek yaitu 35,88 kilometer dengan estimasi waktu 70,30 menit. Sementara itu, pada percobaan ketiga diperoleh hasil paling optimal dengan jarak tempuh terpendek sebesar 34,77 kilometer dan estimasi waktu pengiriman selama 69,95 menit.

Berdasarkan hasil *generate* terhadap dua skenario di atas (8 titik dan 15 titik), diperoleh bahwa pada skenario 8 titik, hasil *generate rute* dari tiga kali percobaan menunjukkan hasil yang konsisten. Sementara itu, pada skenario 15 titik, hasil *generate* dari tiga kali percobaan menunjukkan adanya perbedaan, di mana percobaan ketiga menghasilkan rute dengan jarak tempuh yang lebih baik dibandingkan percobaan pertama dan kedua.

¹² Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) memiliki stabilitas yang baik pada jumlah titik yang relatif sedikit, namun ¹⁴⁰ pada jumlah titik yang lebih banyak, algoritma menunjukkan kemampuan eksplorasi yang lebih luas dan dapat menemukan solusi yang lebih optimal melalui iterasi lanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kompleks permasalahan, potensi ACO untuk menemukan solusi yang lebih baik juga meningkat, meskipun diperlukan beberapa kali proses *generate* untuk mencapai hasil yang paling optimal.

4.2 Pembahasan

⁸⁹ Pengembangan sistem informasi geografis untuk menentukan rute pengiriman barang tercepat pada penelitian ini menggunakan pendekatan Research ¹⁰² and Development (R&D) dengan metode Rapid Application Development (RAD). ¹¹ Metode ini dipilih karena memiliki keunggulan dalam pengembangan sistem yang ¹⁰⁹ cepat, fleksibel, dan melibatkan pengguna. Penerapan metode RAD terbukti efektif dalam membangun sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, dimana hasil pengujian mendapat nilai 84,16% dan termasuk dalam skala sangat valid.

Setiap tahapan dalam metode RAD telah dijalankan secara berurutan dan terstruktur. Pada tahap perencanaan kebutuhan, telah diidentifikasi bahwa pengguna membutuhkan sistem yang mampu menghitung dan menampilkan rute pengiriman otomatis berbasis peta. Hasil dari tahapan ini menjadi dasar dalam perancangan antarmuka pengguna, di mana sistem dirancang agar mudah digunakan dan sesuai dengan alur kerja kurir, seperti proses input data lokasi tujuan dan tampilan visualisasi peta. Selanjutnya, pada tahap pembangunan sistem, integrasi antara algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dan pemetaan lokasi

berhasil diimplementasikan dengan baik dalam platform web. Sistem menunjukkan respons yang cepat dalam menampilkan rute hasil optimasi. Terakhir, pada tahap penerapan sistem, dilakukan pengujian menggunakan data pengiriman aktual sebagai studi kasus untuk mengevaluasi rute yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan data pengiriman tanggal 23 Juni 2025, diperoleh perbandingan antara rute manual dan rute hasil optimasi. Rute manual yang biasa digunakan oleh kurir memiliki total jarak tempuh 40 km, sedangkan rute hasil optimasi menggunakan algoritma ACO hanya menempuh jarak 34,70 km. Pengurangan jarak sebesar 1,36 km ini menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan rute yang lebih pendek. Meskipun perbedaannya terlihat kecil dalam satu kali pengiriman, namun dalam skala operasional yang lebih luas,

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Sistem Informasi Geografis Penentuan Rute Terpendek Pengantaran Barang Menggunakan Metode RAD,²⁹ maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Informasi Geografis berhasil dirancang dan dibangun dengan menerapkan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk menentukan rute terpendek dalam pengantaran barang di Kantor Pos Wlingi. Pengembangan sistem dilakukan melalui empat tahapan utama dalam metode Rapid Application Development (RAD), yaitu *Requirements Planning, User Design, Construction,*

dan *Cutover*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap data pengiriman aktual, algoritma ACO menghasilkan rute dengan total jarak tempuh sejauh 34,77 kilometer, yang lebih pendek dibandingkan dengan rute manual yang mencapai 40,2 kilometer. Perbandingan ini menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menemukan rute dengan jarak tempuh yang lebih rendah dibandingkan rute yang selama ini digunakan berdasarkan pengalaman atau perkiraan.

- 81 2. Hasil pengujian menggunakan metode *black box testing* menunjukkan bahwa 47 seluruh fungsi pada sistem berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, dengan tingkat keberhasilan pengujian sebesar 100% (9 dari 9 pengujian berhasil). Hal ini membuktikan bahwa sistem telah berfungsi secara teknis sesuai dengan perancangan. Selain itu, *beta testing* yang 100 melibatkan pengguna menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap kemudahan penggunaan, kejelasan tampilan, dan keakuratan sistem dalam menampilkan rute pengiriman. Hasil pengujian beta memperoleh nilai 26 persentase sebesar 84,16%, termasuk dalam kategori "Sangat Valid". Dengan demikian, sistem telah memenuhi kebutuhan pengguna baik secara fungsional maupun praktis.

5.2 Saran

- 73 1. Integrasi Data Lalu Lintas *Real-Time*
Untuk meningkatkan akurasi rute pengiriman, disarankan agar sistem diintegrasikan dengan data lalu lintas secara real-time melalui API pihak ketiga seperti Google Maps. Dengan demikian, sistem tidak hanya mempertimbangkan jarak, tetapi juga kondisi lalu lintas aktual dalam menentukan rute tercepat.

2. Penambahan Parameter Waktu Tempuh Dinamis

Untuk meningkatkan rute pengiriman, sistem sebaiknya dikembangkan agar memperhitungkan estimasi waktu tempuh berdasarkan kondisi aktual di lapangan, seperti kecepatan rata-rata kendaraan atau kepadatan lalu lintas. Dengan demikian, sistem dapat merekomendasikan rute tercepat, bukan hanya yang terpendek secara jarak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmat Adil, S. Kom., M. Sc. (2017). *Sistem Informasi Geografis* (P. Christian, Ed.). ANDI.
- Andharsaputri, R. L., Syahputra, E., & Prianto, W. (2021). Implementasi Rapid Application Development Pada Sistem Informasi Pengadaan Barang Dan Jasa. *JOISIE Journal Of Information System And Infosrmatics Engineering*, 5(1), 12.
- Anofrizen, & Hamzah, M. L. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Rute Angkutan Umum Berbasis Android Pada Kementerian Perhubungan Kota Pekanbaru. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 18(2), 283–291.
- Ary, M. (2022). Optimasi Vehicle Routing Problem Pada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode Ant Colony Optimization. *Jurnal Tekno Insentif*, 16(2), 139–149. <https://doi.org/10.36787/jti.v16i2.897>
- Behzadi, S. (2023). *Designing A Commercial Location-Based System To Serve Customers Based On Gis. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(4/W2-2022), 9–14. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W2-2022-9-2023>
- Bitlabs Academy. (2021, April 3). *Apa itu RAD? Mengenal Salah Satu Metode Pengembangan Aplikasi*.
- Budianti, D., Wulansari, Z., & Mawaddah, U. (2024). Penerapan Metode Rapid Application Development (RAD) dalam Perancangan Sistem Administrasi Rumah Kecantikan Merak Ati Dalem Spa Berbasis Website. *Seminar Nasional Sistem Informasi*.
- Dewi, D., Deary, R., Nugroho, W., Pendidikan, K., & Teknologi, D. (2023). *Smp Smk/Mak Kelas X Teknik Logistik*. <https://buku.kemdikbud.go.id>
- Dorigo, M., & Stützle, T. (2004). *Ant Colony Optimization*.
- Fine, M. (2002). *Beta Testing for Better Software* (B. Ryan, Ed.). Wiley Publishing.
- Hartono, B. (t.t.). *Cara Mudah dan Cepat Belajar Pengembangan Sistem Informasi* (J. T. Santoso, Ed.). YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK.
- Herman. (2022). *Perancangan Sistem Informasi Geografis Pencarian Pertamini Dan Bengkel Service Dengan Teknologi Gps Dan Algoritma Dijkstra*. <http://ejournal.stmik-time.ac.id>
- Hutabalian, M., Sunanto, S., & Januar Al Amien. (2022). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tempat Pembungan Sampah Sementara di Kota

- Pekanbaru Dengan Mencari Rute Terdekat Menggunakan Algoritma A Star (A*). *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 2(2), 33–42. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v2i2.2936>
- Hidayat, N., & Hati, K. (2021). *Penerapan Metode Rapid Application Development (RAD) dalam Rancang Bangun Sistem Informasi Rapor Online (SIRALINE)*.
- J. Vanderbei, R. (2014). *International Series in Operations Research & Management Science Linear Programming* (Vol. 196). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7630-6>
- Jumaedi, S. N., Abidin, W., & Nurman Azisah, T. (2024). Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Jalur Terpendek (Studi Kasus Distribusi Barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP)). *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 12(1), 2024.
- Khairullah, Manda Jaya, A., David Maria Veronika, N., & Apridiansyah, Y. (2022). *Sistem Informasi Geografis Pencarian Rute Terpendek Tempat Pelatihan Pencak Silat di Kota Bengkulu Menggunakan Metode Dijkstra*. 5(1). <https://jurnal.ikhafi.or.id/index.php/jukomika>
- Khairunnisa, A. S., Arif, H., Faiza, S. N., & Rizkyanfi, M. W. (2023). *Peran Teknologi dalam Menekan Biaya Alur Pendistribusian Barang*. Vol. 16.
- Khoswara, M., Siraj Aflah, H. H., & Suseno. (2023). Pencarian Rute Optimal Distribusi Melalui Pendekatan Metode Ant Colony Optimization (ACO) (Studi Kasus : Bakpia Pathok 25). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 2(2), 63–71.
- Kurniadi, D., Mulyani, A., Firmansyah, M., & Abania, N. (2022). *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial Di Kabupaten Garut*. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202296098>
- Lakutu, N. F., Mahmud, S. L., Katili, M. R., & Yahya, N. I. (2023). Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Untuk Optimasi Rute Pengiriman Barang Pada Kantor Pos Gorontalo. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 11(1), 55–65. <https://doi.org/10.34312/euler.v11i1.18244>
- Lee, J., Jang, J., Im, J., & Lee, J. H. (2024). *GIS-Based Spatial Analysis and Strategic Placement of Fine Dust Alert Systems for Vulnerable Populations in Gangseo District*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/app142210610>
- Lestari, E. D., Mahendra, D., & Azizah, N. (2022). *Implementasi Algoritma Dijkstra Pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Rute Terpendek Industri Konveksi Di Kabupaten Jepara Berbasis Web*. 1(2). <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/biner>

- Lisdianto, A., & Winarti, W. (2023). Penerapan Metode Ant Colony Optimization Untuk Menentukan Jalur Distribusi Di PT. Indomarco Adi Prima. *Teknik Dan Multimedia*, 1(4).
- Mulyani, S. (2016). *Metode Analisis dan Perancangan Sistem* (2 ed.). Abdi Sistematika.
- Murdiani, D., & Sobirin, M. (2022). Perbandingan Metodologi Waterfall Dan Rad (Rapid Application Development) Dalam Pengembangan Sistem Informasi. In *JINTEKS* (Vol. 4, Issue 4).
- Naspendra, Z., & Setiawati, A. R. (2020). *SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)*. LPPM – Universitas Andalas.
- Ni'matuzahror, & Prasetyaningrum, S. (2018). *OBSERVASI: TEORI DAN APLIKASI DALAM PSIKOLOGI*. UMMPress.
- Pandu Kusuma, A., Faried Rahmat, M., & Rofiq, A. A. (2023). Analisis Pengujian Sistem Pengiriman Barang Menggunakan Black Box Testing. *J-INTECH(Journal of Information and Technology)*.
- Perdana, R. W. (2022). Expert System Troubleshooting Shortest Route Finding Using Traveling Salesman Problem (TSP). *International Journal of Information System & Technology Akreditasi*, 6(158), 9–16.
- Pranata, A., & Hutrianto. (2022). Rekayasa Perangkat Lunak Penentuan Jarak Terdekat Dalam Pengiriman Darah di PMI Kota Palembang Dengan Algoritma Branch dan Bound. In *Journal of Information Technology Ampera* (Vol. 3, Issue 2). <https://journal-computing.org/index.php/journal-ita/index>
- Purwanto, A., Wahid, R., Insani, S., Barry, D., & Octariadi, C. (2024). *Sistem Informasi Geografis Tour Guide Pencarian Rute Terpendek Wisata Kabupaten Ketapang Menggunakan Algoritma Dijkstra*.
- Putri, I. A., Dwi, I., Rini, W. S., Hayati, R. N., Studi, P., Lingkungan, T., & Kalimantan, I. T. (2023). Studi Optimalisasi Rute Pengangutan Sampah Stationary Container System Berbasis Sistem Informasi Geospasial (SIG) di Kecamatan Balikpapan Timur Optimization of Geospatial Information System-Based Waste Transportation Routes Using Stationary Container System in East Balikpapan. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(2).
- Romeo. (2003). *Testing Dan Implementasi Sistem*. Stikom Surabaya.
- Rahman, M. S., Muflih, M., Wijaya, Y. I., Alamsyah, N., Informatika, T., Islam, U., Muhammad, K., Al, A., & Banjarmasin, B. (2024). *Sistem Informasi Geografis Untuk Penjadwalan Kajian Islam Pada Kota Banjarmasin Dengan Menerapkan Metode Rapid Application Development* (Vol. 5, Issue 3).

- Rahmawati, T., Pattiasina, T. J., & Syaranamual, M. S. (2022). *Sistem Informasi Geografis Jalur Transportasi Angkutan Umum Berbasis Web: Studi Kasus Terminal Mardika Kota Ambon* (Vol. 2, Issue 1).
- Rasna, R., Irjii Matdoan, M. R., Yuntina, L., Junaidi, J., & Setiawati, E. (2024). *Geographic Information System of Early Childhood School Mapping Using Android-Based Dijkstra Algorithm*. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 4(4), 237–243. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v4i4.650>
- Reyhan, Rachmat Wahid Saleh Insani, & Barry Ceasar Octariadi. (2024). Geographical information system for garbage collection in sanggau city and shortest path using dijkstra's algorithm. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 11(1), 49–61. <https://doi.org/10.37373/tekno.v11i1.485>
- Sabilla, A. D., & Taufiq, A. (2022). *Penerapan Algoritma A* Pada Webgis Pencarian Rute Terpendek*. <https://journal.unisnu.ac.id/JISTER/>
- Salimi, H., Fadaei Nezhad Bahramjerdi, S., & Tootoonchi, R. (2025). *The Role Of Geographic Information Systems (GIS) In Participatory Conservation Of Heritage Areas*. *European Journal of Geography*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.48088/ejg.si.spat.hum.h.sal.1.11>
- Saputra, M. A., Rahim, A., Romadhoni, K., & Shochibul Burhan, M. (2025). Penyelesaian Traveling Salesman Problem Dengan Algoritma Ant Colony Menggunakan Multi Processing dan Multi Threading Parallel Programming. *Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 4(1). <https://doi.org/10.31284/p.semtek.2025-1.7008>
- Siyoto, S., & Sodik, A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian* (Ayup, Ed.). Literasi Media Publishing.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Alfabeta.
- Sulastio, B. S., Anggono, H., & Putra, A. D. (2021). Sistem Informasi Geografis Untuk Menentukan Lokasi Rawan Macet Di Jam Kerja Pada Kota Bandarlampung Pada Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, 2(1), 104–111. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTSI>
- Sumirat, L. P., Cahyono, D., Kristyawan, Y., & Kacung, S. (2023). *DASAR-DASAR Rekayasa Perangkat Lunak*. Madza Media. www.madzamedia.co.id
- Syukriah, Akmal, S., & Ramdhani, S. (2022). Perancangan Rute Distribusi Sirup Dengan Menggunakan Metode Algoritma Ant Colony Optimization Di Ud. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen. *Industrial Engineering Journal*, 11(1). <https://doi.org/10.53912/iej.v10i2.738>

Tonggiroh, M., Pardosi Alexsius Benny, V., Basiroh, & Nugroho, F. (2024). *Rekayasa Perangkat Lunak* (S. Wandani Zahidah, Ed.). PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA.

Umar, R., Yudhana, A., & Prayudi, A. (2021). *Analisis Perbandingan Algoritma Djikstra, A-Star, Dan Floyd Warshall Dalam Pencarian Rute Terdekat Pada Objek Wisata Kabupaten Dompu.* 8(2), 227–234.
<https://doi.org/10.25126/jtiik.202182866>



PRIMARY SOURCES

1	static.buku.kemdikbud.go.id Internet Source	1 %
2	tunasbangsa.ac.id Internet Source	1 %
3	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	1 %
4	journal.uin-alauddin.ac.id Internet Source	1 %
5	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1 %
6	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	<1 %
7	Submitted to Politeknik Negeri Jember Student Paper	<1 %
8	docplayer.info Internet Source	<1 %
9	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %
10	journal.mediapublikasi.id Internet Source	<1 %
11	jurnal.kdi.or.id Internet Source	<1 %
12	repository.its.ac.id	

<1 %

13	eprints.upj.ac.id	<1 %
	Internet Source	

14	ejournal.pnc.ac.id	<1 %
	Internet Source	

15	ojs.stmik-banjarbaru.ac.id	<1 %
	Internet Source	

16	Nurrohmi Zaki, RR. Hajar Puji Sejati. "Implementasi Aplikasi Android dalam Sistem Restock UMKM Maju Jaya Accessories", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2025	<1 %
	Publication	

17	dspac.uii.ac.id	<1 %
	Internet Source	

18	journal-computing.org	<1 %
	Internet Source	

19	Submitted to Universitas Negeri Jakarta	<1 %
	Student Paper	

20	eprints3.upgris.ac.id	<1 %
	Internet Source	

21	jtiik.ub.ac.id	<1 %
	Internet Source	

22	Submitted to Universitas Bengkulu	<1 %
	Student Paper	

23	Submitted to Universitas Pamulang	<1 %
	Student Paper	

24	Submitted to Universitas Muria Kudus	<1 %
	Student Paper	

25	doaj.org Internet Source	<1 %
26	j-ptiik.ub.ac.id Internet Source	<1 %
27	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
28	Submitted to Universitas Muslim Indonesia Student Paper	<1 %
29	id.scribd.com Internet Source	<1 %
30	ijesty.org Internet Source	<1 %
31	journalstkipgrisitubondo.ac.id Internet Source	<1 %
32	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
33	ejournal.stmik-time.ac.id Internet Source	<1 %
34	jurnalsyntaxadmiration.com Internet Source	<1 %
35	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
36	vdocuments.net Internet Source	<1 %
37	widuri.raharja.info Internet Source	<1 %
38	Submitted to Universitas Maritim Raja Ali Haji Student Paper	<1 %

39	jurnal.itg.ac.id Internet Source	<1 %
40	Daniel Silaban, Cantriya Anastasya Simbolon, Paulina Gorat Gorat, Frans Steven Pakpahan, Gracia Simatupang, Sardo Sipayung. "Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Menentukan Rute Pengiriman Terpendek pada Layanan Shopee Express Medan", Jurnal Minfo Polgan, 2025 Publication	<1 %
41	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	<1 %
42	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
43	repository.uts.ac.id Internet Source	<1 %
44	Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part II Student Paper	<1 %
45	Submitted to UIN Raden Intan Lampung Student Paper	<1 %
46	ojs.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
47	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
48	eprints.unisnu.ac.id Internet Source	<1 %
49	Submitted to Universitas PGRI Madiun Student Paper	<1 %

50	Internet Source	<1 %
51	doku.pub Internet Source	<1 %
52	eprints.unisbank.ac.id Internet Source	<1 %
53	id.123dok.com Internet Source	<1 %
54	repository.unisbablitar.ac.id Internet Source	<1 %
55	e-theses.iaincurup.ac.id Internet Source	<1 %
56	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
57	rumahjurnal.or.id Internet Source	<1 %
58	yumantoko.blogspot.com Internet Source	<1 %
59	Heribertus Ary Setyadi, Doddy Satrya Perbawa. "Sistem Informasi Manajemen Aliran Barang di Toko Anugerah Karanganyar Menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD)", Bianglala Informatika, 2022 Publication	<1 %
60	jurnal.una.ac.id Internet Source	<1 %
61	ppid.blitarkab.go.id Internet Source	<1 %
	repository.itk.ac.id	

- 62 Internet Source <1 %
- 63 www.mdpi.com Internet Source <1 %
- 64 Raidha Elsa Aprilianti, Yeni Erita.
"Development of Learning Media Using Smart Apps Creator Based on Problem Based Learning for Social Science Learning in Grade IV of Elementary School", JURNAL PENDIDIKAN IPS, 2025
Publication <1 %
- 65 eprints.uny.ac.id Internet Source <1 %
- 66 repository.nurulfikri.ac.id Internet Source <1 %
- 67 sir.stikom.edu Internet Source <1 %
- 68 Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper <1 %
- 69 Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto Student Paper <1 %
- 70 adoc.pub Internet Source <1 %
- 71 jurnal.murnisadar.ac.id Internet Source <1 %
- 72 kc.umn.ac.id Internet Source <1 %
- 73 Jhonatan Purba, Saut Manurung, Jahanra Girsang, Jelita Astrid Gulo, Sardo Pardingotan <1 %

Sipayung. "Implementasi Algoritma Dijkstra Untuk Menentukan Rute Terpendek dari SMA 17 Medan Ke Unika St.Thomas", Jurnal Minfo Polgan, 2025

Publication

74	Submitted to UM Surabaya Student Paper	<1 %
75	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
76	docobook.com Internet Source	<1 %
77	repository.iainpalopo.ac.id Internet Source	<1 %
78	Doni Prastyo, Dede Irawan. "Rancang Bangun Aplikasi Inspeksi dan Checklist Terintegrasi menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD)", bit-Tech, 2024 Publication	<1 %
79	Submitted to Telkom University Student Paper	<1 %
80	eprints(pktj.ac.id Internet Source	<1 %
81	ipsikom.unipem.ac.id Internet Source	<1 %
82	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
83	Devi Maiya Sari Nasution, Hariyati Lubis, Rika Permata Sari Siregar, Muhammad Zarlis, Syahril Efendi. "OPTIMISASI HEURISTIK TERHADAP JARINGAN KOMPLEKS", Juripol	<1 %

(Jurnal Institusi Politeknik Ganesha Medan),
2022

Publication

-
- 84 Handa Gustiawan, Muhammad Ridwan Effendi. "Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Pelatihan Pegawai Berbasis Website Pada PT Inacon Luhur Pertiwi Jakarta", Jurnal Teknik dan Science, 2025
Publication
-
- 85 Hari Mulyanto, Joni Maulindar, Wiji Lestari. "Sistem Peminjaman Alat Laboratorium Berbasis RFID dan IoT di Fakultas Kedokteran Gigi UMS", Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 2025
Publication
-
- 86 Submitted to Universitas Islam Indonesia <1 %
Student Paper
-
- 87 iai-tabah.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 88 journal.umg.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 89 library.binus.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 90 prism.ucalgary.ca <1 %
Internet Source
-
- 91 www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 92 Submitted to Academic Library Consortium <1 %
Student Paper
-
- 93 core.ac.uk <1 %
Internet Source

94	journal.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
95	mafiadoc.com Internet Source	<1 %
96	ojs.unsiq.ac.id Internet Source	<1 %
97	portaldadata.org Internet Source	<1 %
98	Jaewook Lee, Junyoung Jang, Jaeuk Im, Jae Hong Lee. "GIS-Based Spatial Analysis and Strategic Placement of Fine Dust Alert Systems for Vulnerable Populations in Gangseo District", Applied Sciences, 2024 Publication	<1 %
99	Marco Alfan Sumarto. "Analisis dan Perancangan Aplikasi Point of Sale (POS) untuk Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dengan Metode Rapid Application Development (RAD)", Jurnal Studi Komunikasi dan Media, 2023 Publication	<1 %
100	Reza Ramadhan, M. Zein Farhan Nugraha, Daffa Akbar Pratama, Muhammad Irsyad, Hanna Willa Dhany, Toman Sony Tambunan. "Integrasi Layanan Chatbot Dengan Sistem Informasi Mahasiswa Untuk Meningkatkan Kualitas Pelayanan Di Brida Kota Medan", Jurnal Minfo Polgan, 2025 Publication	<1 %
101	Ryan Haris Bawafi. "SISTEM PREDIKSI DIAGNOSA PENYAKIT HEPATITIS MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL	<1 %

NETWORK (ANN) SINGLE LAYER PERCEPTRON
STUDI KASUS PADA PUSKESMAS TAMBAK",
INDEXIA, 2022

Publication

-
- 102 ejournal.unib.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 103 elibrary.unikom.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 104 media.neliti.com <1 %
Internet Source
-
- 105 passingthroughresearcher.wordpress.com <1 %
Internet Source
-
- 106 repo.usni.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 107 repository.uksw.edu <1 %
Internet Source
-
- 108 repository.uncp.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 109 Ericko Wicaksono. "PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN PENJUALAN DAN INVENTARIS BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN METODE RAD", PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer, 2025
Publication
-
- 110 Erna Juniasti Malaikosa, Petrus Mokola. "SISTEM INFORMASI MONITORING RUMAH KOS DAN PEMBAYARANNYA BERBASIS WEB MENGGUNAKAN METODE RAPID APPLICATION DEVELOPMENT", JSil (Jurnal Sistem Informasi), 2024 <1 %

- 111 Faza Ahluna, Veri Arinal. "Pencarian Rute Terpendek dari Kampung Duri Kosambi Menuju Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika Jakarta Timur Menggunakan Algoritma A* (A-Star)", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2024 <1 %
- Publication
-
- 112 Masyunita Siregar, Sri Martini Meilanie, Agung Purwanto. "Pengenalan Ecoliteracy pada Anak Usia Dini melalui Metode Bercerita", Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini, 2020 <1 %
- Publication
-
- 113 Misna Asqia, Raihan Daffa Aziz. "Web-Based New Student Registration Application with Waterfall Method at TKS Khalifah", DBESTI: Journal of Digital Business and Technology Innovation, 2025 <1 %
- Publication
-
- 114 Yulia Damayanti, Yuma Akbar. "Implementasi Algoritma A* (A-Star) untuk Mencari Rute Terpendek dari Kelurahan Cibubur ke Perpustakaan Nasional Republik Indonesia", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2024 <1 %
- Publication
-
- 115 eprints.ums.ac.id <1 %
- Internet Source
-
- 116 etheses.iainponorogo.ac.id <1 %
- Internet Source
-

117	geografientrepreneur.yolasite.com Internet Source	<1 %
118	journal.umuslim.ac.id Internet Source	<1 %
119	jurnal.stiki.ac.id Internet Source	<1 %
120	melekit-if.uwks.ac.id Internet Source	<1 %
121	prosiding.unipma.ac.id Internet Source	<1 %
122	repository.atmaluhur.ac.id Internet Source	<1 %
123	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
124	repository.teknokrat.ac.id Internet Source	<1 %
125	ruangpengetahuan.co.id Internet Source	<1 %
126	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
127	teknokom.unwir.ac.id Internet Source	<1 %
128	www.hashmicro.com Internet Source	<1 %
129	yulinamingvianita.blogspot.com Internet Source	<1 %
130	Submitted to Ciputra University Student Paper	<1 %

- 131 Irwan Adi Pribadi, Nurul Istiqomah. "APLIKASI PENCARIAN FASILITAS TAMBAL BAN DI KABUPATEN PRINGSEWU BERBASIS ANDROID", Jurnal Pepadun, 2021 <1 %
Publication
-
- 132 Rahman Eka Cahya, Imam Sucahyo. "Pengembangan LKPD Simulasi Wave on String untuk Pembelajaran Gelombang Stasioner di SMA", PENDIPA Journal of Science Education, 2021 <1 %
Publication
-
- 133 ayoksinau.teknosentrik.com <1 %
Internet Source
-
- 134 ejournal.bsi.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 135 ejournal.undip.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 136 ejurnal.ung.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 137 elib.pdii.lipi.go.id <1 %
Internet Source
-
- 138 envirotek.upnjatim.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 139 eprints.jeb.polinela.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 140 eprints.undip.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 141 journal.stmiki.ac.id <1 %
Internet Source
-
- jurnal.sttmcileungsni.ac.id

142	Internet Source	<1 %
143	karyailmiah.tarumanagara.ac.id Internet Source	<1 %
144	liamulidia.blogspot.com Internet Source	<1 %
145	lontar.ui.ac.id Internet Source	<1 %
146	purbawidya.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
147	repository.uhamka.ac.id Internet Source	<1 %
148	scholar.archive.org Internet Source	<1 %
149	www.jurnal.itg.ac.id Internet Source	<1 %
150	Amri Muliawan Nur, Aris Sudianto, Hariman Bahtiar, Muhammad Fauzi Zulkarnaen. "Pemetaan Praktek Dokter Umum dan Bidan di Kota Selong Berbasis GIS (Geographic Information System)", Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 2023 Publication	<1 %
151	Nazmah Wulan Rhomadhona, Meizano Ardhi Muhammad, Puput Budi Wintoro, Yessi Mulyani. "PENERAPAN METODE RAPID APPLICATION DEVELOPMENT UNTUK SISTEM INFORMASI EVENT BERBASIS WEB PADA UNIVERSITAS LAMPUNG", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025 Publication	<1 %

- 152 Arlin Widya Rahayu, N Nurgiyatna. "Sistem Administrasi Dokumen Berbasis Web pada Forum Human Capital Indonesia", Emitor: Jurnal Teknik Elektro, 2022 <1 %
Publication
-
- 153 Doni Prastyo, Dede Irawan, Imam Halim Mursyidin. "Sistem Informasi Terpusat untuk Manajemen Dokumen, Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat", bit-Tech, 2025 <1 %
Publication
-
- 154 Hasbillah, Muhammad rifqi aji pratama, Niken Tri Desnawati, Dwi Vernanda, Rian Piarna. "Sistem Informasi Pemesanan Digital Printing Berbasis Web untuk Optimalisasi Layanan dan Manajemen Pemesanan", Inventor: Jurnal Inovasi dan Tren Pendidikan Teknologi Informasi, 2025 <1 %
Publication
-
- 155 Ika Fitria Selaningrum, Dharma Tintri Ediraras. "Rancang Bangun Sistem Informasi Akuntansi Berbasis Web pada Toko Sparepart Sepeda Motor", Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan dan Kemasyarakatan, 2025 <1 %
Publication
-
- 156 Priska Vianey Bukifan, Yasinta O. L Rema, Risald, Budiman Baso. "Implementasi Metode Rapid Application Development dalam Pembuatan Aplikasi Bahasa Isyarat Bagi Penyandang Tunarungu Berbasis Android (Studi Kasus : SLB Negeri Benpasi Kefamenanu)", Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi), 2025 <1 %

- 157 Sitti Aliyah Azahra, Muhammad Mansur. **"PENERAPAN METODE RAPID APPLICATION DEVELOPMENT (RAD) DALAM PERANCANGAN SISTEM PENJUALAN ONLINE DI TOKO ELEKTRONIK 85"**, *Informatics and Digital Expert (INDEX)*, 2023

Publication

- 158 lib.ui.ac.id **<1** %
Internet Source

- 159 www.slideshare.net **<1** %
Internet Source
-

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On