Implementasi Algoritma Dijkstra dan Vehicle Routing Problem dalam Sistem Rekomendasi Rute dan Optimasi Pengangkutan Sampah Berbasis Web GIS di Kecamatan Kambu

Salsabila Qodriyah[*1], Bambang Pramono[2], Jumadil Nangi[3]
Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo [1,2,3]
*e-mail: salsabilaqodriyah@gmail.com[1]

ABSTRAK
Permasalahan pengelolaan sampah di Kota Kendari, khususnya di Kecamatan Kambu, semakin kompleks akibat meningkatnya volume sampah dan ketidakefisienan dalam pengangkutan karena distribusi TPS yang tersebar. Hal ini menyebabkan pemborosan sumber daya dan penumpukan sampah di beberapa titik. Penelitian ini mengembangkan sistem rekomendasi rute dan optimasi pengangkutan sampah berbasis Web Geographic Information System (Web GIS) dengan menerapkan Algoritma Dijkstra dan pendekatan Vehicle Routing Problem (VRP). Algoritma Dijkstra digunakan untuk menentukan jalur terpendek antar titik pengangkutan, sedangkan VRP berfungsi mengoptimalkan penyusunan rute kendaraan berdasarkan kapasitas armada dan waktu operasional. Sistem ini bertujuan membantu pengambil keputusan dalam merencanakan rute yang efisien, mengurangi waktu tempuh dan konsumsi bahan bakar, serta meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah. Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki tingkat penerimaan tinggi, dengan 53,11% responden menyatakan "Sangat Setuju" dan 35,33% "Setuju" terhadap fungsionalitasnya. Akurasi solusi mencapai 99,99%, dengan pemenuhan seluruh constraint VRP dan utilisasi armada 80–100%. Sistem ini terbukti efektif dan layak digunakan sebagai solusi inovatif dalam mendukung pengelolaan sampah yang efisien dan terstruktur.
Kata kunci : Algoritma Dijkstra; optimasi rute*;* Pengangkutan sampah; *Vehicle Routing Problem (VRP)*; Web GIS

ABSTRACT
Waste management problems in Kendari City, especially in Kambu District, are increasingly complex due to the increasing volume of waste and inefficiencies in transportation due to the scattered distribution of polling stations. This leads to a waste of resources and a buildup of waste at some point. This study develops a route recommendation system and optimization of waste transportation based on Web Geographic Information System (Web GIS) by applying the Dijkstra Algorithm and the Vehicle Routing Problem (VRP) approach. The Dijkstra algorithm is used to determine the shortest route between transportation points, while VRP functions to optimize the preparation of vehicle routes based on fleet capacity and operational time. This system aims to assist decision-makers in planning efficient routes, reducing travel time and fuel consumption, and increasing the effectiveness of waste management. The test results showed that the system had a high acceptance rate, with 53.11% of respondents stating "Strongly Agree" and 35.33% "Agreed" with its functionality. The accuracy of the solution reaches 99.99%, with the fulfillment of all VRP constraints and fleet utilization of 80–100%. This system has proven to be effective and feasible as an innovative solution in supporting efficient and structured waste management.
Keywords **:** *Dijkstra algorithm; route optimization; Garbage transportation; Vehicle Routing Problem (VRP); Web GIS*

PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa aktivitas manusia yang tidak memiliki nilai guna dan dapat berbentuk padat, cair, atau gas dari berbagai sumber seperti rumah tangga dan industri (Huzaemah, 2020). Permasalahan ini menjadi isu lingkungan serius karena dapat berdampak buruk terhadap kesehatan dan lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Putra & Ismaniar, 2020).

Volume sampah di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Data SIPSN KLHK menunjukkan timbunan sampah nasional sebesar 21,1 juta ton dan naik menjadi 69,9 juta ton pada 2023. Sampah didominasi sisa makanan (41,60%) dan plastik (18,71%), dengan rumah tangga sebagai penyumbang utama 44,37%, menunjukkan perlunya solusi pengelolaan yang efektif.

Di Sulawesi Tenggara, produksi sampah meningkat tajam, dengan kenaikan 33% pada 2020–2021 dan 84% pada 2021–2022. Kota Kendari menjadi penyumbang terbesar, menghasilkan rata-rata 243 ton sampah per hari pada 2025, menandakan urgensi strategi pengelolaan yang efisien.

Kota Kendari menghadapi peningkatan produksi sampah dari 201 ton pada 2023 menjadi 270 ton per hari pada Mei 2024, lalu sedikit menurun ke 243 ton pada 2025. Wilayah Kadia, Kendari Barat, Kambu, dan Poasia menjadi penyumbang terbesar. DLHK Kendari menekankan perlunya pengangkutan yang efisien untuk mencegah penumpukan sampah. Efisiensi pengangkutan menjadi faktor penting karena perencanaan yang buruk dapat meningkatkan jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar. Diperlukan sistem yang mampu merancang rute optimal agar pengelolaan sampah lebih efektif dan hemat sumber daya.

Teknologi Geographic Information System (GIS) menjadi solusi inovatif untuk memetakan lokasi TPS dan merancang rute pengangkutan (Perrina, 2020). GIS memungkinkan identifikasi lokasi secara akurat sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas pen gelolaan sampah (Sodikin & Susanto, 2021).

Algoritma Dijkstra digunakan untuk menentukan jalur terpendek antar titik pada graf berbobot, membantu kendaraan memilih rute dengan waktu dan jarak minimal (Ramadhan, 2024). Sementara itu, Vehicle Routing Problem (VRP) membantu mengoptimalkan rute berdasarkan kapasitas kendaraan dan waktu operasional, sehingga meningkatkan efisiensi distribusi pengangkutan.

Kecamatan Kambu memiliki kondisi geografis dan distribusi TPS yang beragam, menjadikan penerapan Dijkstra dan VRP berbasis GIS sangat relevan. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dari segi waktu, biaya, dan sumber daya. Hal ini sejalan dengan studi serupa di wilayah lain yang telah menerapkan pendekatan VRP secara efektif.

Penelitian ini menerapkan *Vehicle Routing Problem* (VRP) untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kecamatan Sungai Kunjang, Samarinda. Dengan metode *Savings* dan *Nearest Neighbor*, penelitian ini berhasil meminimalkan jarak, waktu, dan konsumsi bahan bakar. Hasilnya menunjukkan optimasi rute dump truck menghemat 123,74 km, 4,26 jam, dan 24,75 liter per ritase, membuktikan efektivitas VRP dalam meningkatkan efisiensi sistem pengangkutan sampah perkotaan (Ramadhanti & Nahdalina, 2022).

Penelitian ini mengkaji penggunaan *Algoritma Genetika* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi pada VRP. Dengan pemodelan graf berbobot dan proses seleksi, *crossover*, serta mutasi, diperoleh rute optimal dengan probabilitas 0,97, jarak 9,5 km, dan waktu 14,1 menit. Hasil ini menunjukkan algoritma genetika efektif untuk menentukan rute distribusi terbaik dan efisien (Andani, 2023).

Penelitian ini menggunakan metode VRP dengan pendekatan *Savings Method* untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Rengat. Hasil menunjukkan jumlah dump truck dapat dikurangi dari 9 menjadi 5 unit dengan penghematan jarak 4,9 km dan biaya bahan bakar Rp1.662.940 per tahun. Metode *Savings* terbukti efektif meningkatkan efisiensi pengangkutan sampah perkotaan (Amida et al., 2024).

Penelitian ini meninjau penerapan *Reinforcement Learning* (RL) dalam penyelesaian VRP dan variannya pada sistem *smart logistics*. Kajian literatur menunjukkan bahwa kombinasi RL dengan *deep learning* seperti *pointer networks* dan *dynamic attention model* mampu menangani VRP skala besar. Namun, tantangan masih ada pada kebutuhan komputasi tinggi dan generalisasi model (Raza et al., 2022).

Penelitian ini membahas penerapan Algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek bus sekolah di Kota Denpasar. Tujuannya adalah mengoptimalkan rute untuk mengurangi biaya bahan bakar dan waktu tempuh. Metode yang digunakan meliputi pemodelan jalur bus sebagai graf dan penerapan Clustered Generalized Vehicle Routing Problem (CGVRP) dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan serta lokasi penjemputan siswa. Hasil menunjukkan total rute optimal 95,5 km dengan estimasi biaya bahan bakar

Rp70.132,- untuk shift pagi, membuktikan bahwa algoritma Dijkstra efektif dalam mengoptimalkan rute pengangkutan siswa secara efisien dan hemat biaya (Gautama & Hermanto, 2020).

1.1 Sampah

Sampah merupakan permasalahan kompleks yang dihadapi oleh berbagai negara, baik berkembang maupun maju. Masalah ini bersifat umum dan telah menjadi fenomena global di berbagai negara di dunia. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, sampah merujuk pada barang atau benda yang dibuang karena sudah tidak digunakan lagi, serta kotoran seperti daun dan kertas. Senada dengan definisi tersebut, Pasal 1 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mendefinisikan sampah sebagai sisa dari aktivitas sehari-hari manusia atau hasil proses alam yang berbentuk padat (Astuti, 2022).

1.2 Geographic Information System (GIS)

Geographic Information System (GIS) atau Sistem Informasi Geografis merupakan teknologi berbasis komputer yang digunakan untuk memetakan dan menganalisis berbagai objek serta kejadian di permukaan bumi. GIS berfungsi sebagai perangkat lunak yang dapat mengumpulkan, menyimpan, mengelola, dan menganalisis data geografis dengan mengintegrasikan data spasial dan non-spasial guna menghasilkan informasi yang bermanfaat (Lubis & Riza, 2024).

1.3 LeafletJS

Leaflet atau Leaflet.js adalah library bahasa pemrograman Javascript yang digunakan oleh pengembang aplikasi untuk membangun aplikasi sistem informasi geografis. Leaflet memungkinkan pembuatan tampilan aplikasi sistem informasi geografis yang bersifat responsif, sehingga memungkinkan pengguna bisa mengakses aplikasi ini dari berbagai macam perangkat seperti komputer hingga ponsel pintar, dimana library ini menggunakan HTML5 dan CSS3 di dalamnya (Wiharadhita et al., 2023).

1.4 Teori Graf

Teori graf adalah salah satu cabang matematika yang memiliki peran penting dan banyak diterapkan dalam berbagai aspek kehidupan hingga saat ini. Konsep graf pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan asal Swiss, Leonard Euler, pada tahun 1736 dalam upayanya menyelesaikan permasalahan jembatan Königsberg, menjadikannya sebagai orang pertama yang tercatat dalam sejarah menggunakan graf.

1.5 Jalur Terpendek

Jalur terpendek adalah lintasan dari simpul awal ke simpul tujuan yang memiliki jarak paling dekat dan waktu tempuh paling cepat. Pencarian jalur terpendek dilakukan menggunakan graf berbobot (weighted graph), di mana bobotnya didasarkan pada jarak tempuh dan waktu tempuh.

1.6 Algoritma Haversine

Metode Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di permukaan bumi dengan memanfaatkan koordinat lintang dan bujur sebagai input. Rumus ini sering diterapkan dalam bidang navigasi karena dapat menentukan jarak lingkaran besar antara dua lokasi di permukaan bumi berdasarkan koordinat geografisnya.

1.7 Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra digunakan untuk membuktikan jarak paling pendek dari pilihan rute yang tersedia. Algoritma Dijkstra mengevaluasi semua potensi bobot minimum untuk setiap titik. Algoritma Dijkstra merupakan tipe algoritma rakus berprinsip menggunakan layanan minimum pada sejumlah jarak yang ada guna memberikan berbagai solusi untuk mengetahui jarak terpendek. Aplikasi Algoritma Dijkstra sering digunakan untuk berbagai kegiatan keseharian. Sistem diberikan pilihan jarak yang dapat ditempuh menggunakan Algoritma Dijkstra; sistem kemudian memilih jarak terpendek yang dapat ditempuh paling cepat dan menunjukkan peta untuk pengguna. Perhitungan Dijkstra bisa menciptakan waktu produktif yang efektif dalam memastikan jarak antar sistem jika dibandingkan dengan perhitungan manual (Ramadhan, 2024).

1.8 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan dalam transportasi yang berkaitan dengan pendistribusian barang atau penumpang kepada pelanggan menggunakan kendaraan, dengan tujuan mengoptimalkan berbagai aspek distribusi agar lebih efisien. Permasalahan dalam menentukan rute untuk

pendistribusian barang dapat dirancang sebagai model Vehicle Routing Problem (VRP). Berbagai penelitian telah mengusulkan solusi untuk mengatasi tantangan distribusi dalam model VRP (Amida et al., 2024).

1.9 Website

Website atau situs web adalah sekumpulan halaman yang berisi berbagai jenis informasi, seperti teks, gambar statis maupun bergerak, animasi, suara, video, atau gabungan dari elemen-elemen tersebut. Halaman-halaman ini dapat bersifat statis atau dinamis serta saling terhubung melalui hyperlink. Untuk mengaksesnya, diperlukan browser, yaitu perangkat lunak yang berfungsi menampilkan dan menerjemahkan dokumen web.

1.10 HyperText Markup Language (HTML)

HTML merupakan bahasa yang digunakan untuk mendistribusikan informasi di web. Dalam perancangannya, konsep HTML diadaptasi dari Standard Generalized Markup Language (SGML). Sementara itu, HyperText Transfer Protocol (HTTP) adalah protokol komunikasi tanpa status (stateless) yang berbasis pada Transmission Control Protocol (TCP), yang awalnya dikembangkan pada tahun 1991 untuk mengambil file-file HTML dari server web (Sari, 2021).

1.11 Hypertext Preprocessor (PHP)

Hypertext Preprocessor (PHP), yaitu salah satu jenis bahasa scripting yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi web dan menghubungkannya dengan server. PHP bekerja dengan menambahkan kode pada HTML untuk membangun aplikasi yang dapat mengelola data secara optimal (Murni, 2024).

1.12 Laravel

Laravel adalah salah satu framework berbasis bahasa pemrograman PHP yang memiliki komunitas dan pengguna yang terus berkembang hingga saat ini. Laravel mengadopsi konsep Model, View, Controller (MVC), yang merupakan pendekatan modern untuk memisahkan tampilan (front-end) dari pengelolaan data atau controller (back-end).

1.13 Visual Studio Code

Visual Studio Code adalah perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan aplikasi secara visual. Meskipun sering digunakan untuk berbagai bahasa pemrograman, dalam beberapa konteks dapat mendukung Pascal. Visual Studio Code merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk membuat dan merancang website sederhana (Zainy, 2022).

1.14 XAMPP

XAMPP merupakan perangkat lunak berbasis web server yang bersifat open source dan dapat digunakan secara bebas. XAMPP mendukung berbagai sistem operasi, termasuk Windows, Linux, dan Mac OS. Perangkat lunak ini berfungsi sebagai standalone server atau yang dikenal sebagai localhost, yang memudahkan dalam proses pengeditan, desain, serta pengembangan aplikasi (Noviana, 2021).

1.15 MySQL

MySQL adalah perangkat lunak yang termasuk dalam kategori Database Management System (DBMS) dan bersifat open source. Sebagai perangkat lunak open source, MySQL disertai dengan source code, yaitu kode yang digunakan dalam pengembangannya, serta versi executable yang dapat langsung dijalankan pada sistem operasi (Utami, 2022).

1.16 Unified Modeling Language (UML)

Unified Modeling Language (UML) merupakan salah satu alat bantu atau teknik pemodelan yang sangat andal dalam pengembangan sistem berorientasi objek. UML merupakan hasil penggabungan beberapa bahasa pemodelan, yaitu Booch, Object Modeling Technique (OMT), dan Object-Oriented Software Engineering (OOSE) (Voutama, 2022).

1.17 Rational Unified Process (RUP)

Rational Unified Process (RUP) adalah metode pengembangan perangkat lunak yang dikembangkan oleh IBM Rational. RUP mengadopsi pendekatan yang bersifat serial dalam skala besar dan iteratif dalam skala kecil, menghasilkan rilis bertahap seiring waktu. Model ini digunakan oleh berbagai perusahaan di berbagai industri, baik untuk tim pengembangan kecil maupun besar (Karen Tia & Nuryasin, 2020).

1.18 Pengujian Akurasi Solusi (Correctness Test)

Pengujian Akurasi Solusi (Correctness Test) adalah salah satu metode pengujian perangkat lunak yang digunakan untuk membuktikan bahwa hasil keluaran sistem benar atau setidaknya sangat mendekati dengan hasil yang dianggap sebagai acuan (ground truth). Acuan tersebut bisa berupa hasil perhitungan manual, standar teori, data referensi, atau hasil yang telah diverifikasi sebelumnya. Pengujian ini berfokus pada validitas perhitungan yang dilakukan sistem, sehingga dapat diketahui apakah algoritma yang diterapkan telah bekerja dengan benar dan konsisten. Dengan demikian, Correctness Test berfungsi untuk memastikan bahwa sistem mampu menghasilkan keluaran yang akurat, dapat dipercaya, serta layak digunakan dalam penerapan nyata

1.19 User Acceptance Testing (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) merupakan tahap pengujian di mana pengguna akhir berinteraksi langsung dengan sistem untuk memastikan bahwa fitur-fitur yang ada telah berjalan sesuai dengan kebutuhan mereka. UAT dilakukan pada fase akhir proses pengujian, setelah sistem melewati tahap pengembangan. Pengujian ini menjadi bagian penting dari proses validasi akhir perangkat lunak sebelum sistem dikembangkan lebih lanjut atau diluncurkan secara resmi (Chamida et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini memuat metode yang digunakan pada pembuatan skripsi.

2.1 Metodologi Pengumpulan Data

Penelitian ini menerapkan beberapa metode, antara lain:

1. Studi Literatur

Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami pengelolaan rute transportasi dan penerapan algoritma Dijkstra dalam pencarian rute terpendek. Referensi diperoleh dari jurnal, buku, dan artikel terkait optimasi rute. Hasil studi ini menjadi dasar pengembangan sistem rekomendasi rute dan optimasi pengangkutan sampah berbasis Web GIS di Kecamatan Kambu agar sistem mampu memberikan rekomendasi yang cepat, akurat, dan efisien.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan petugas Dinas Lingkungan Hidup dan pekerja lapangan guna memperoleh informasi terkait operasional pengangkutan sampah, meliputi jalur, jumlah armada, kapasitas angkut, waktu tempuh, serta kendala di lapangan. Data hasil wawancara menjadi acuan penting dalam perancangan sistem optimasi pengangkutan sampah berbasis Web GIS.

3. Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan mengunjungi langsung lokasi TPS dan jalur pengangkutan sampah di Kecamatan Kambu untuk mengamati alur kerja, kondisi jalan, kapasitas armada, dan distribusi sampah. Hasil observasi membantu menyesuaikan rancangan sistem berbasis Web GIS dengan kondisi nyata, sehingga penerapan algoritma Dijkstra dan Vehicle Routing Problem lebih relevan terhadap kebutuhan operasional di wilayah tersebut.

2.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Rational Unified Process (RUP):

1. Permulaan (Inception)

Tahap ini menjadi landasan awal untuk memahami secara menyeluruh bagaimana sistem akan dikembangkan, termasuk identifikasi aktor yang terlibat, alur proses yang berjalan, serta masalah yang dihadapi dalam kegiatan operasional.

2. Perluasaan/Perencanaan (Elaboration)

Pada tahap elaboration, dilakukan proses analisis untuk menentukan rancangan sistem yang akan dikembangkan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan Unified Modelling Language (UML) yang mencakup beberapa diagram, yaitu use case diagram, sequence diagram, activity diagram, dan class diagram. Selain itu, dibuat pula flowchart (diagram alir) untuk menggambarkan jalannya sistem secara lebih jelas.

3. Konstruksi (Construction)

Tahap konstruksi meliputi implementasi kode program berdasarkan rancangan sebelumnya, seperti diagram UML, flowchart, dan desain antarmuka. Setiap modul sistem, termasuk pengelolaan data TPS, data armada, dan integrasi algoritma Dijkstra untuk pencarian jalur terpendek, dibangun dan diuji secara bertahap agar berfungsi sesuai kebutuhan.

4. Transisi (Transition)

Tahap transisi fokus pada deployment aplikasi ke lingkungan nyata agar dapat diuji langsung oleh pengguna. Proses ini mencakup instalasi, konfigurasi, dan pengecekan kesiapan sistem sehingga aplikasi siap digunakan untuk mendukung operasional pengangkutan sampah di Kecamatan Kambu.

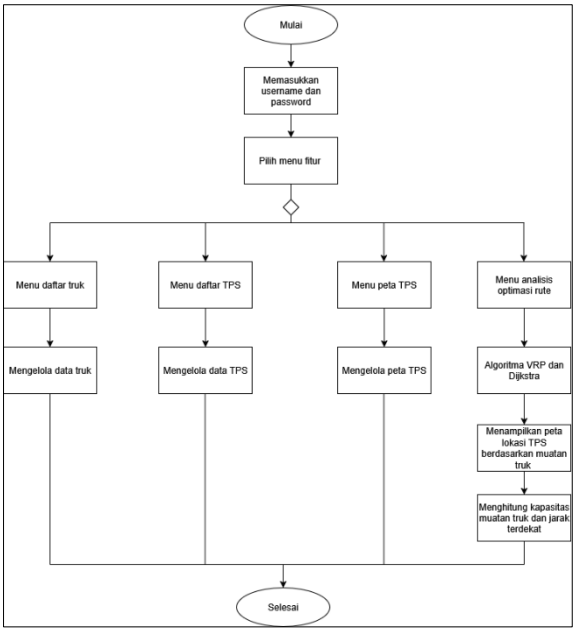
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Memuat hasil, Pengujian dan pembahasan tentang skripsi yang telah dilakukan

3.1.1 Pernacangan Flowchart

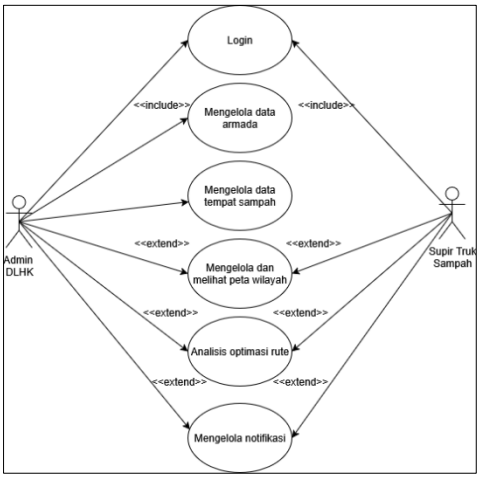
Flowchart dari penelitian ini yang menggambarkan alur umum sistem optimasi rute pengangkutan sampah, dimulai dari proses login pengguna, pemilihan menu untuk mengelola data truk maupun TPS, melihat peta, hingga melakukan analisis optimasi rute dengan algoritma yang dipilih, sehingga menghasilkan peta rute pengangkutan yang lebih efisien.



Gambar 1. Flowchart Sistem

3.1.2 Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan interaksi antara aktor (admin dan pengguna) dengan sistem pengelolaan rute pengangkutan sampah berbasis optimasi rute.

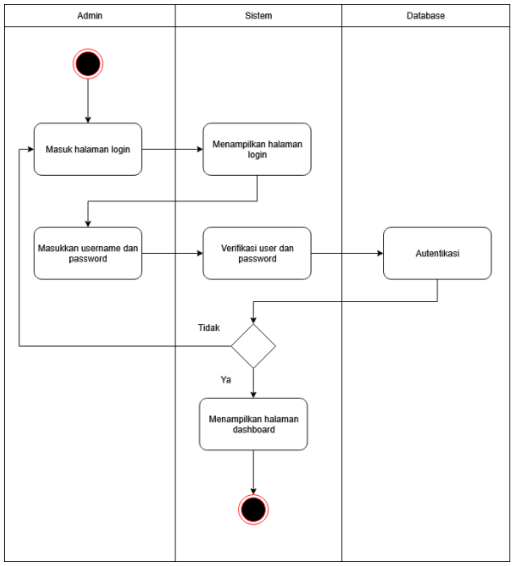


Gambar 2. Use Case Diagram

3.1.3 Activity Diagram

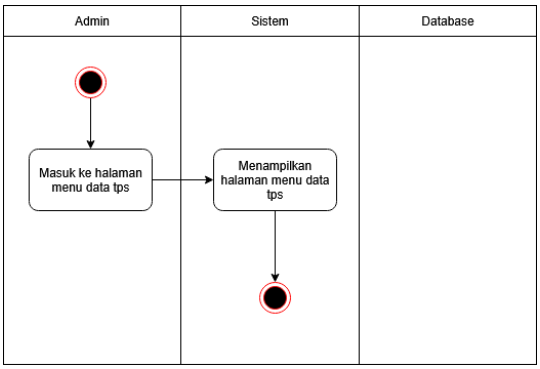
Activity diagram digunakan untuk memvisualisasikan alur aktivitas dalam sistem berdasarkan skenario yang terjadi. Diagram ini menggambarkan proses dari awal hingga akhir dalam menyelesaikan suatu aktivitas tertentu dalam aplikasi.

3.1.3.1 Activity Diagram Login (Admin dan User)



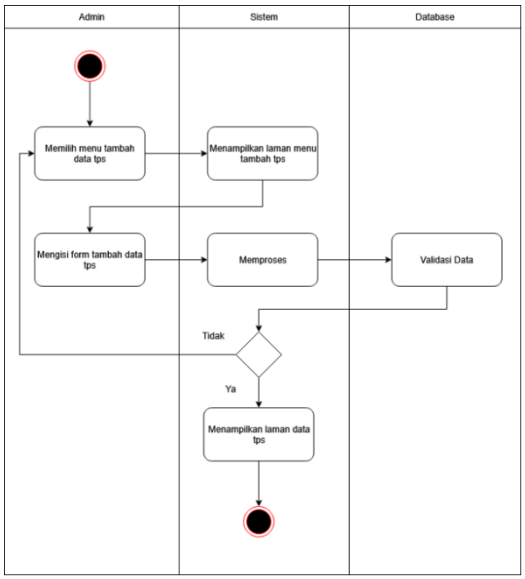
Gambar 3. Activity Diagram Login (Admin dan User)

3.1.3.2 Activity Diagram Data Tempat Sampah



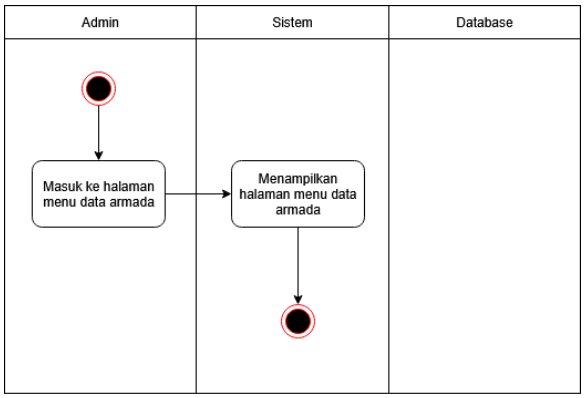
Gambar 4. Activity Diagram Data Tempat Sampah

3.1.3.3 Activity Diagram Tambah Data Tempat Sampah



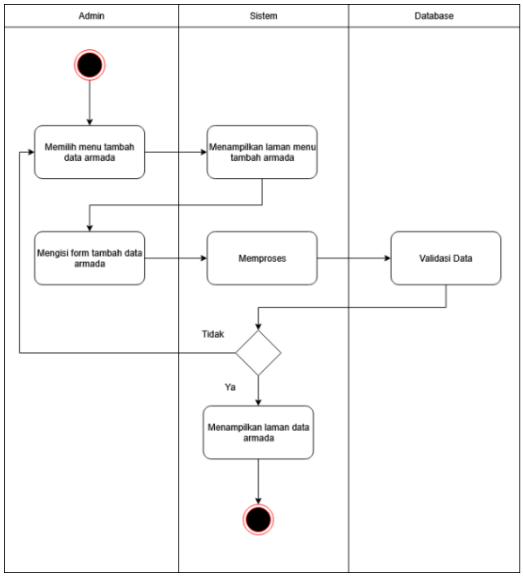
Gambar 5. Activity Diagram Tambah Data Tempat Sampah

3.1.3.4 Activity Diagram Data Armada



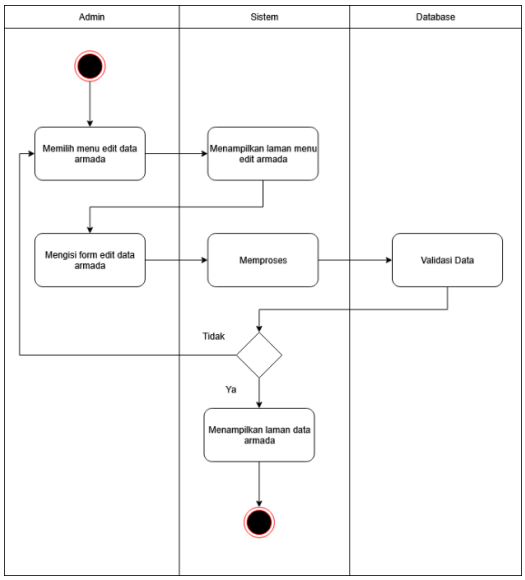
Gambar 6. Activity Diagram Data Armada

3.1.3.5 Activity Diagram Tambah Data Armada



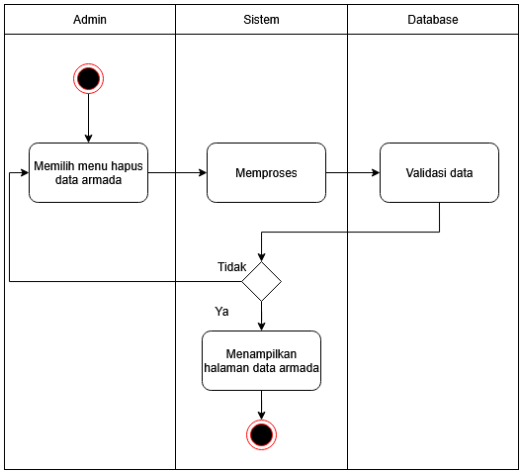
Gambar 7. Activity Diagram Tambah Data Armada

3.1.3.6 Activity Diagram Edit Data Armada



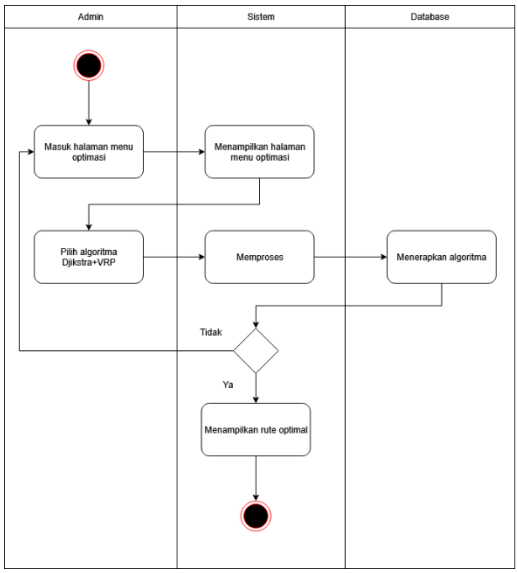
Gambar 8. Activity Diagram Edit Data Armada

3.1.3.7 Activity Diagram Hapus Data Armada



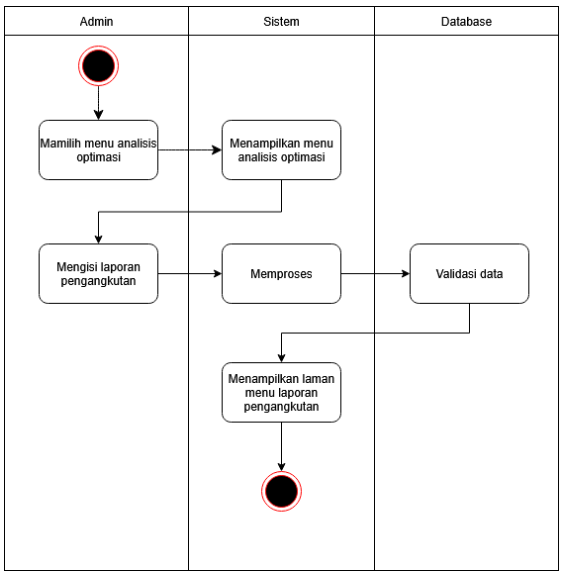
Gambar 9. Activity Diagram Hapus Data Armada

3.1.3.8 Activity Diagram Optimasi Rute



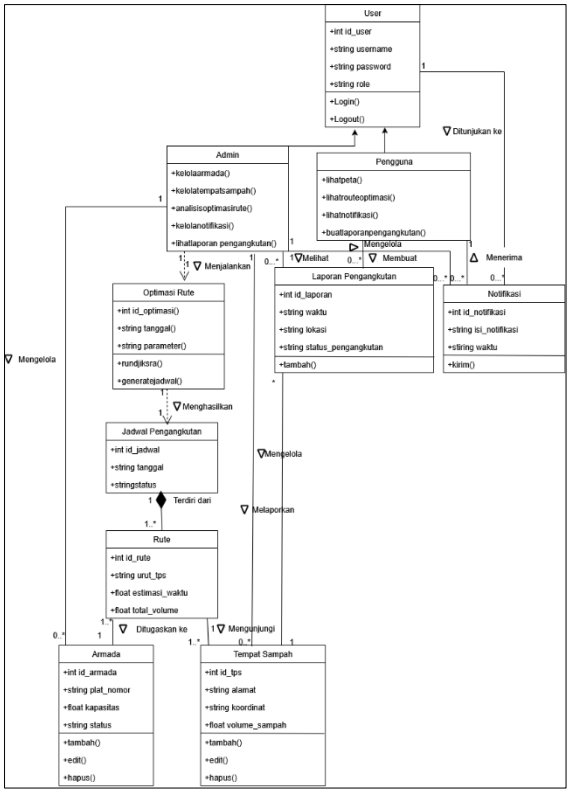
Gambar 10. Activity Diagram Optimasi Rute

3.1.3.9 Activity Diagram Laporan Pengangkutan



Gambar 11. Activity Diagram Laporan Pengangkutan

3.1.4 Class Diagram



Gambar 12. Class Diagram

3.2 Pembahasan

3.2.1 Implementasi Data

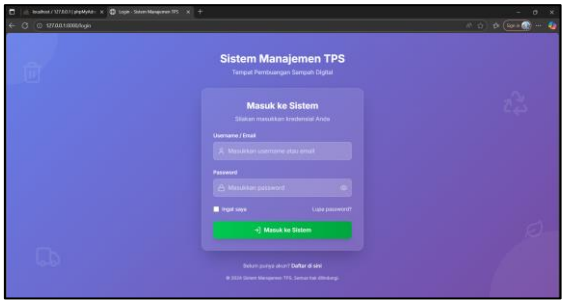
Data yang digunakan dalam sistem diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Kendari yang terdiri dari 37 data Tempat Pembuangan Sampah (TPS), 10 data armada, data volume sampah Kecamatan Kambu yaitu 24.872 ton sampah tiap harinya.

3.2.2 Implementasi Antarmuka (Interface)

Antarmuka (interface) pada sistem ini dirancang untuk dua jenis peran utama, yaitu pengguna (user) dan administrator (admin).

1. Halaman Login

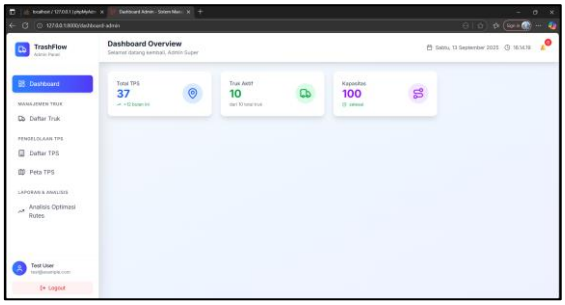
Halaman login pada sistem manajemen TPS berfungsi sebagai akses awal bagi pengguna untuk masuk ke sistem



Gambar 13. Implementasi Halaman Login

2. Halaman Dashboard

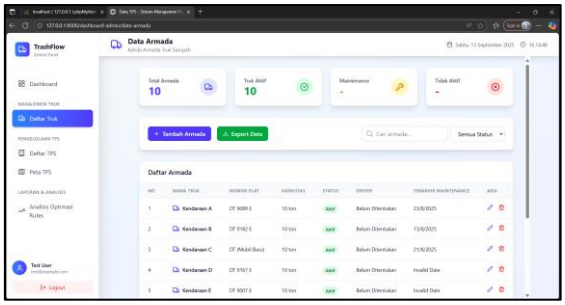
Halaman ini menampilkan ringkasan data penting seperti total TPS, jumlah truk aktif, dan kapasitas



Gambar 14. Implementasi Halaman Dashboard

3. Halaman Daftar Truk

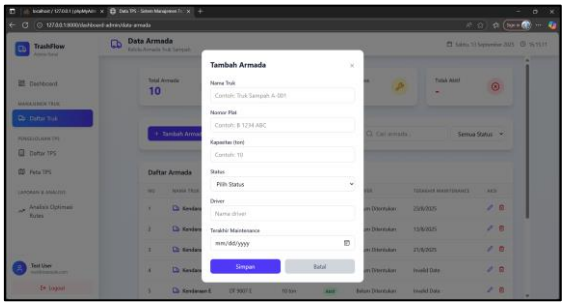
Pada tabel daftar armada, ditampilkan detail seperti nama truk, nomor plat, kapasitas, status, driver, dan jadwal maintenance.



Gambar 15. Implementasi Halaman Daftar Truk

4. Halaman Tambah Data Truk

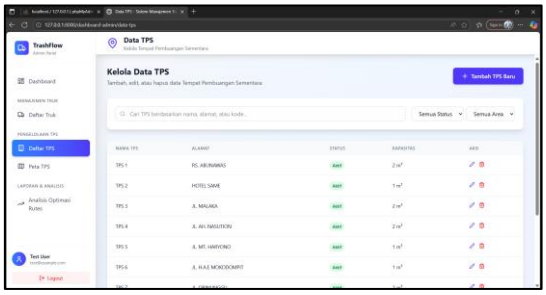
Halaman tambah armada digunakan untuk menambahkan data truk baru ke sistem. Form ini berisi input seperti nama truk, nomor plat, kapasitas, status, driver, serta jadwal terakhir maintenance.



Gambar 16. Implementasi Halaman Tambah Data Truk

5. Halaman Daftar TPS

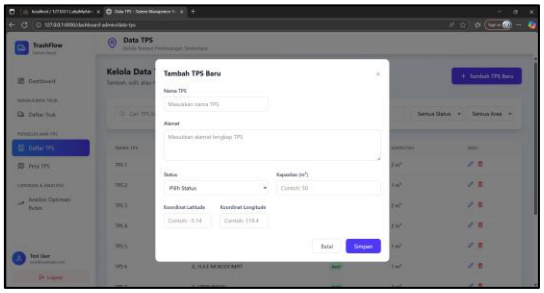
Halaman data TPS digunakan untuk mengelola informasi tempat pembuangan sementara. Admin dapat melihat daftar TPS lengkap beserta nama, alamat, status, dan kapasitasnya.



Gambar 17. Implementasi Halaman Daftar TPS

6. Halaman Tambah Data TPS Baru

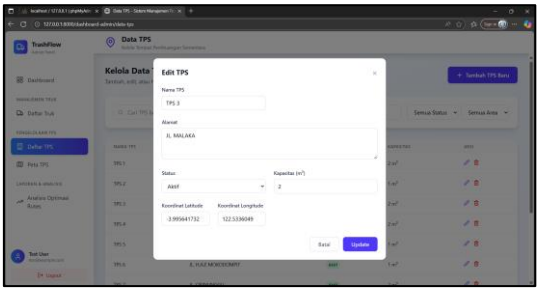
Halaman tambah TPS Baru digunakan untuk menambahkan data tempat pembuangan sementara ke dalam sistem.



Gambar 18. Implementasi Halaman Tambah Data TPS Baru

7. Halaman Edit Data TPS

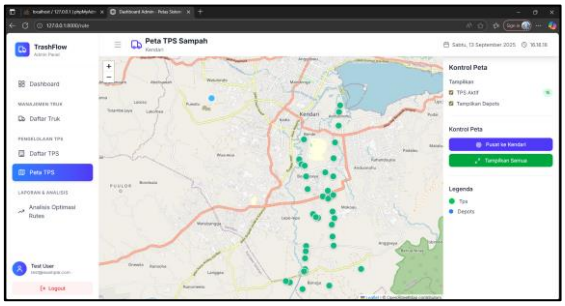
Halaman tambah TPS baru pada sistem TrashFlow digunakan oleh admin untuk memasukkan data tempat pembuangan sementara ke dalam database



Gambar 19. Implementasi Halaman Edit Data TPS

8. Halaman Peta TPS

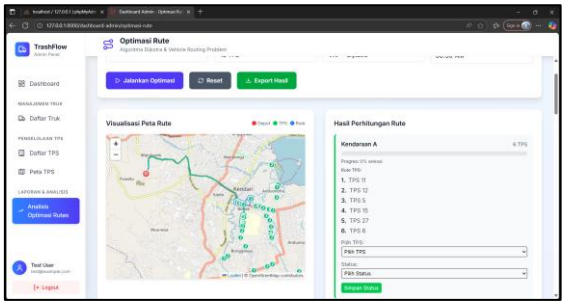
Halaman peta TPS pada sistem TrashFlow digunakan untuk menampilkan sebaran lokasi tempat pembuangan sementara di wilayah Kendari.



Gambar 20. Implementasi Halaman Peta TPS

9. Halaman Analisis Optimasi

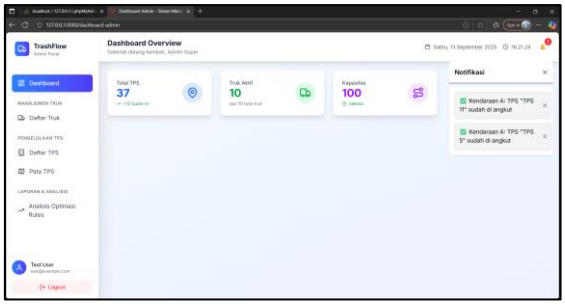
Halaman optimasi rute pada sistem TrashFlow digunakan untuk menghitung dan menampilkan rute terbaik dalam pengangkutan sampah dengan menerapkan algoritma Dijkstra dan Vehicle Routing Problem (VRP).



Gambar 21. Implementasi Halaman Analisis Optimasi

10. Halaman Notifikasi

Bagian notifikasi pada halaman dashboard sistem TrashFlow berfungsi untuk menampilkan informasi terbaru terkait aktivitas pengangkutan sampah.



Gambar 22. Implementasi Halaman Notifikasi

3.2.3 Pengujian User Acceptance Test (UAT)

Berdasarkan hasil pengujian User Acceptance Test (UAT) yang dilakukan terhadap sistem rekomendasi rute dan optimasi pengangkutan sampah berbasis Web GIS, diperoleh total skor penilaian sebesar 1927 dari skor maksimum 2250. Skor maksimum tersebut diperoleh dari hasil perhitungan jumlah total pertanyaan sebanyak 30 butir, dikalikan dengan jumlah responden sebanyak 15 orang, dan skor

tertinggi dari setiap butir pertanyaan yaitu 5. Perhitungan persentase tingkat keberhasilan sistem menunjukkan nilai sebesar 85,64%, yang diperoleh dari hasil perbandingan antara jumlah skor yang diperoleh dengan skor maksimum dikalikan 100. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi harapan dan kebutuhan pengguna dengan baik. Dengan persentase yang berada di atas 80%, dapat disimpulkan bahwa sistem layak digunakan dan diterima oleh pengguna, baik dari aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, kompatibilitas, performa, kesesuaian proses bisnis, maupun aksesibilitas

3.2.4 Pengujian Akurasi Solusi (Correctness Test)

Berdasarkan hasil pengujian akurasi solusi, sistem optimasi rute pengangkutan sampah yang menggabungkan algoritma Vehicle Routing Problem (VRP) dan Dijkstra menunjukkan kinerja sangat baik dan konsisten dalam menghasilkan rute optimal. Validasi lapangan memperlihatkan seluruh Tempat Pembuangan Sementara (TPS) terlayani 100% sesuai rute sistem, dengan akurasi keseluruhan 99,99% dan akurasi individual tiap rute 99,8%–99,9%, sehingga rekomendasi rute sangat mendekati perhitungan manual maupun kondisi nyata di lapangan. Selisih jarak maksimum hanya 0,056 km dengan standar deviasi 0,021 km, menandakan presisi dan stabilitas tinggi. Semua constraint utama VRP terpenuhi, termasuk pemanfaatan kapasitas armada, waktu pengangkutan, dan cakupan TPS, membuktikan sistem efisien baik dari segi jarak maupun operasional. Hasil ini menegaskan bahwa implementasi VRP-Dijkstra mampu memberikan solusi rute pengangkutan sampah yang efektif, akurat, dan andal, sekaligus mendukung pengelolaan sampah yang lebih terstruktur, hemat waktu, optimal, dan berpotensi mengurangi biaya operasional serta dampak lingkungan dari proses pengangkutan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem rekomendasi rute dan optimasi pengangkutan sampah berbasis Web GIS yang dikembangkan terbukti efektif, akurat, dan layak digunakan. Hasil pengujian User Acceptance Test (UAT) menunjukkan tingkat keberhasilan 85,64%, menandakan sistem diterima dengan baik oleh pengguna. Pengujian akurasi solusi juga menunjukkan tingkat presisi sangat tinggi dengan akurasi keseluruhan 99,99%, di mana algoritma Dijkstra berhasil menentukan jalur terpendek dengan tepat, dan metode Vehicle Routing Problem (VRP) mampu mengoptimalkan rute serta alokasi armada sesuai kapasitas. Sistem ini dinilai memiliki kinerja yang baik, mudah digunakan, dan relevan untuk mendukung efisiensi operasional pengelolaan sampah di Kecamatan Kambu, sehingga berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan rute pengangkutan sampah yang terstruktur dan efisien.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem disarankan dilengkapi fitur prediksi volume sampah berbasis data historis, integrasi IoT untuk pemantauan real-time, serta notifikasi mobile bagi driver dan operator. Pengembangan algoritma dapat diarahkan pada pendekatan hybrid yang menggabungkan VRP dengan metode heuristik atau machine learning guna menghasilkan optimasi rute yang lebih adaptif terhadap kondisi dinamis seperti lalu lintas dan kapasitas TPS. Secara teknis, perlu peningkatan performa untuk menangani data besar, penguatan keamanan serta backup data, dan penyediaan API untuk integrasi lintas sistem. Implementasi di lapangan sebaiknya dimulai melalui pilot project di beberapa kecamatan dengan pelatihan pengguna dan evaluasi berkala sebelum penerapan skala penuh di Kota Kendari.

DAFTAR PUSTAKA

Amida, S. S. N., Sahriyal, S., & Trisnawati, L. (2024). Perencanaan Rute Pengangkutan Sampah dengan Metode Vehicle Routing Problem. *Journal Of Social Science Research*, *1*, 4059–4072.

Andani, S. R. (2023). Optimasi Rute Menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer Dan Manajemen)*, *4*, 148–156.

Astuti, H. (2022). Pemberdayaan Ekonomi Kreatif Melalui Daur Ulang Sampah Plastik (Studi Kasus Bank Sampah Kelurahan Paju Ponorogo). *OSFPreprints*, *5*, 1–12.

Chamida, M. A., Susanto, A., & Latubessy, A. (2021). Analisa User Acceptance Testing Terhadap Sistem Informasi Pengelolaan Bedah Rumah di Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman Kabupaten Jepara. *Indonesian Journal of Technology, Informatics and Science (IJTIS)*, *3*, 36–41.

Gautama, I. P. W., & Hermanto, K. (2020). Penentuan Rute Terpendek dengan Menggunakan Algoritma Dijkstra pada Jalur Bus Sekolah. *Jurnal Matematika*, *10*, 116–123.

Huzaemah, S. (2020). Sampah adalah Berkah; Studi Pola Kehidupan Sosial Ekonomi Pemulung di Sekitaran Tempat Pembuangan Ahir (TPA) Piyungan. *Islamic Management and Empowerment Journal*, *2*, 81–92.

Karen Tia, T., & Nuryasin, I. (2020). Model Simulasi Rational Unified Process pada Pengembangan Perangkat Lunak. *Jurnal Repositor*, *2*, 485–494.

Lubis, R. P., & Riza, M. (2024). Pemanfaatan Geographic Information System (GIS) dalam Pemetaan Banjir di Kota Medan. *Jurnal Teknovasi*, *11*, 10–14.

Murni, I. (2024). Pengamanan Pesan Rahasia dengan Algoritma Vigenere Cipher Menggunakan PHP. *Journal on Education*, *5*, 3466–3476.

Noviana, R. (2021). Pembuatan Aplikasi Penjualan Berbasis Web Monja Store Menggunakan PHP dan MySQL. *JTS*, *1*, 112–124.

Perrina, M. (2020). Literature Review Sistem Informasi Geografis (SIG). *Journal of Information Technology and Computer Science (JOINTECOMS)*, *10*, 1–4.

Putra, W. T., & Ismaniar. (2020). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengelolaan Sampah di Bank Sampah. *Jambura Journal of Community Empowerment*, *1*, 1–10.

Ramadhan, G. (2024). Penerapan Algoritma Dijkstra untuk Menentukan Rute Terpendek Tempat Tinggal ke Kampus 2 UIN Sunan Ampel Surabaya. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, *7*, 1–6.

Ramadhanti, M., & Nahdalina. (2022). Optimalisasi Sistem Angkutan Sampah Menggunakan Vehicle Routing Problem dengan Batasan Kapasitas Angkut. *Jurnal Ilmiah Desain Dan Konstruksi*, *21*, 196–210.

Raza, S. M., Sajid, M., & Singh, J. (2022). Vehicle Routing Problem Using Reinforcement Learning: Recent Advancements. *Advanced Machine Intelligence and Signal Processing*, *858*, 269–280.

Sari, I. (2021). Attribution-Share Alike 4.0 International Some Rights Reserved Sistem Informasi Perancangan Sistem Absensi Pegawai Kantoran Secara Online pada Website Berbasis HTML dan CSS. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *1*, 8–15.

Sodikin, & Susanto, E. R. (2021). Sistem Informasi Geografis (GIS) Tempat Wisata di Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, *2*, 125–135.

Utami, F. (2022). Aplikasi Pelayanan Antrian Pasien Menggunakan Metode FCFS Menggunakan PHP dan MySQL. *Jurnal Media Infotama*, *18*, 153–160.

Voutama, A. (2022). Sistem Antrian Cucian Mobil Berbasis Website Menggunakan Konsep CRM dan Penerapan UML. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, *11*, 102–111.

Wiharadhita, N. K., Juliharta, I. G. P. K., & Putra, I. G. J. E. (2023). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Hasil Penjualan Sales Lapangan dengan Leaflet.js dan OpenStreetMap. *Jurnal Tekno Kompak*, *17*, 39–53.

Zainy, A. (2022). Pengenalan Media Pembelajaran Pemrograman Membuat Website pada HTML SMK Swasta Harapan Padangsidimpuan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *1*, 335–338.