



Sistem Informasi Analisis Volume Sampah dan Optimalisasi Rute Pengangkutan dengan Metode Neural Networks

Ira Zulfa^{1*}, Eliyin², Muhammad Yustisar³, Asyam Amrullah Ar-ramdhi⁴

¹⁻⁴ Universitas Gajah Putih, Indonesia

Email : ira.zulfaa@gmail.com^{1*}, eliyinMP@gmail.com², Yustisar270267@gmail.com³

Alamat: Kelaping, Kecamatan Pegasing, Kabupaten Aceh Tengah

Korespondensi penulis: ira.zulfaa@gmail.com

Abstract. *In an age of rapid urbanization, managing waste properly is a major challenge. To deal with the increasing amount of waste, a good transportation system is needed. Therefore, the purpose of this research is to build a "Waste Volume Analysis and Transportation Route Optimization Information System using Neural Networks Method."*

To precisely determine the volume of waste and design the best transportation route, this research will utilize neural networks technology. It is hoped that this system can provide innovative solutions to improve the efficiency of waste management. The research will involve collecting data on waste volume from the past and in person, analyzing it using neural networks to make precise predictions, and applying algorithms to optimize routes. This process includes data processing, modeling, and field testing of the system.

This research includes results related to predicting waste volume precisely and providing visualizations that are easy to understand for use, the most efficient transportation routes that can cut operational time and costs.

Keywords: Information System; Analysis; Neural Network

Abstrak. Di zaman urbanisasi yang cepat, mengelola limbah dengan baik menjadi tantangan besar. Untuk menghadapi jumlah sampah yang semakin banyak, diperlukan sistem transportasi yang baik. Karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun "Sistem Informasi Analisis Volume Sampah dan Optimalisasi Rute Pengangkutan dengan Metode Neural Networks."

Untuk menentukan dengan tepat volume limbah dan merancang rute pengangkutan yang paling baik, penelitian ini akan memanfaatkan teknologi neural networks. Diharapkan sistem ini bisa memberikan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Penelitian ini akan meliputi pengumpulan data mengenai volume limbah dari masa lalu dan secara langsung, analisis menggunakan neural networks untuk membuat prediksi yang tepat, serta penerapan algoritma untuk mengoptimalkan rute. Proses ini meliputi pengolahan data, pembuatan model, dan pengujian sistem di lapangan. Penelitian ini mencakup hasil terkait prediksi volume limbah dengan tepat dan memberikan visualisasi yang mudah dimengerti untuk digunakan, Rute transportasi yang paling efisien yang dapat memangkas waktu dan biaya operasional.

Kata kunci: Sistem Informasi; Analisis; Neural Network

1. LATAR BELAKANG

Tantangan yang muncul dari peningkatan volume limbah menjadi isu yang signifikan bagi banyak kota di seluruh dunia, termasuk Indonesia.(Firdaus et al., 2024) Kenaikan jumlah penduduk dan pertumbuhan aktivitas ekonomi berkaitan erat dengan peningkatan produksi limbah.(Ansori et al., 2025) Tanpa manajemen yang tepat, penumpukan limbah bisa mengakibatkan berbagai efek negatif, seperti pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, dan penurunan keindahan kota. Sistem pengangkutan limbah tradisional sering kali mengalami masalah dalam hal efisiensi dan efektivitas. Rute pengangkutan yang kurang efisien dapat

menyebabkan pemborosan bahan bakar, waktu perjalanan yang lebih lama, serta biaya operasional yang tinggi.(Demircioğlu et al., 2022) Selain itu, kurangnya data yang akurat mengenai jumlah limbah di berbagai lokasi menyulitkan perencanaan serta pemanfaatan sumber daya yang tepat, sehingga proses pengumpulan limbah lebih bersifat reaktif dan tidak terencana.(Abdilah & Wulandari, 2024)

Untuk menyelesaikan masalah ini, diperlukan metode yang lebih inovatif dan fleksibel. Sistem informasi berbasis teknologi dapat menawarkan solusi untuk mengelola data limbah dengan cara yang lebih terpadu dan melakukan analisis yang mendalam. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah Jaringan Saraf Tiruan.(Poddar et al., 2025) Pendekatan ini mampu mengenali pola rumit dari data masa lalu, seperti volume limbah yang bergantung pada waktu, lokasi, atau jenis kegiatan,(Lin & Yu, 2023) dan kemudian memproyeksikan volume limbah di masa depan dengan tingkat akurasi yang tinggi.(Usodo & Budhi, 2025) Kapasitas Jaringan Saraf Tiruan dalam menemukan hubungan non-linear antara variabel membuatnya sangat cocok untuk memodelkan fenomena dinamis seperti produksi limbah.(“Waste Transportation Route Optimization in Malang Using Network Analysis,” 2020) Dengan proyeksi volume limbah yang lebih akurat, pemerintah kota atau pengelola limbah dapat menyusun jadwal dan kapasitas pengangkutan dengan lebih efisien.(“Optimal Route Design for Construction Waste Transportation Systems: Mathematical Models and Solution Algorithms,” 2022)

Oleh karena itu, pengembangan Sistem Informasi untuk Analisis Volume Limbah dan Optimalisasi Rute Pengangkutan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan menjadi sangat penting dan relevan. Sistem ini tidak hanya akan menawarkan alat untuk memantau dan menganalisis data volume limbah secara langsung atau pada periode tertentu, tetapi juga akan mengaitkan hasil analisis dengan algoritma optimasi rute. Penggunaan Jaringan Saraf Tiruan memungkinkan sistem untuk secara otomatis menyesuaikan rute pengangkutan berdasarkan prediksi volume limbah di berbagai lokasi, sehingga dapat mengurangi waktu perjalanan, penggunaan bahan bakar, dan emisi karbon. Akhirnya, pelaksanaan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dalam pengelolaan limbah, menekan biaya yang dikeluarkan, dan berkontribusi terhadap terciptanya lingkungan perkotaan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem Informasi (SI) dalam analisis limbah dan optimalisasi rute transportasi dapat dijelaskan sebagai kumpulan elemen yang saling berinteraksi, bertujuan untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mendistribusikan informasi demi mendukung pengambilan

keputusan.(Zuniari et al., 2022) Dari sudut pandang teori, SI berfungsi sebagai penghubung antara data dasar dan informasi yang memiliki makna, sehingga memungkinkan organisasi mengelola sumber daya dengan lebih efisien.(Sulistyanto et al., 2024) Dalam bidang pengelolaan limbah, peran sistem informasi sangat penting dalam digitalisasi data tentang volume sampah, baik yang diperoleh secara manual maupun otomatis, seperti melalui perangkat sensor.(“Multi-Objective Transportation Route Optimization for Hazardous Materials Based on GIS,” 2022) Informasi ini kemudian diintegrasikan dalam sebuah basis data pusat, yang memungkinkan analisis terhadap tren masa lalu, pengidentifikasian pola musiman, serta pemantauan secara langsung.(Albab et al., 2025) Prinsip dasar SI di sini diambil dari teori sistem terbuka, di mana sistem berinteraksi dengan lingkungan (contohnya, masukan data sampah dari publik, keluaran berupa informasi jalur optimal) untuk mencapai efisiensi dalam operasional.(Poddar et al., 2025) Keberhasilan dari SI sangat ditentukan oleh kualitas data yang dimasukkan, desain antar muka yang mudah digunakan, serta kemampuan sistem dalam menghasilkan laporan dan visualisasi yang jelas bagi pengambil keputusan.(Basumatary & Maity, 2023)

Untuk memperoleh kemampuan analisis prediktif serta optimasi, sistem informasi menerapkan Metode Neural Networks (Jaringan Saraf Tiruan). (“Optimization of Vehicle Routing for Waste Collection and Transportation,” 2020) Dalam teori, Neural Networks adalah model komputasi yang terinspirasi oleh arsitektur dan fungsi otak manusia, yang terdiri dari beberapa lapisan neuron yang saling terhubung.(Syawaludin et al., 2019) Dalam konteks ini, Neural Networks bertindak sebagai sistem prediktif yang belajar dari hubungan kompleks antara berbagai variabel masukan, seperti lokasi, waktu, kepadatan penduduk, dan jenis fasilitas, dengan keluaran yang diinginkan, yaitu perkiraan volume limbah. Salah satu metode pembelajaran yang umum digunakan adalah backpropagation, di mana sistem menyesuaikan bobot antar neuron berdasarkan perbedaan antara hasil prediksi dan hasil aktual.(Lu et al., 2025) Kelebihan dari Neural Networks terletak pada kemampuannya dalam mengenali pola non-linear dan beradaptasi terhadap perubahan dalam data, menjadikannya sangat efektif dalam memperkirakan volume sampah di masa mendatang yang bersifat dinamis dan berfluktuasi.(Faridi et al., 2020) Akurasi dalam prediksi ini menjadi elemen penting bagi langkah-langkah optimasi rute pengumpulan.(Rahmayani, 2024)

Penggabungan Neural Networks dengan optimalisasi rute transportasi adalah aplikasi yang menyatukan kecerdasan buatan dengan tantangan optimasi klasik.(Gela et al., 2024) Dalam teori, persoalan optimasi rute sering digolongkan sebagai Vehicle Routing Problem (VRP), yang berfokus pada penentuan jalur terpendek atau tercepat bagi armada kendaraan

dalam mengunjungi beberapa lokasi dengan syarat tertentu, seperti kapasitas kendaraan dan jendela waktu pengumpulan. (“Neural Network Based Route Guidance Strategy in Intelligent Transportation Systems,” 2024) Di dalam sistem ini, prediksi volume limbah yang diberikan oleh Neural Networks menjadi parameter input yang signifikan bagi algoritma optimasi rute. (“Optimal Travel Route Recommendation Mechanism Based on Neural Networks and Particle Swarm Optimization for Efficient Tourism Using Tourist Vehicular Data,” 2019) Alih-alih menggunakan rute yang tetap, sistem ini akan menciptakan rute yang adaptif dan dinamis berdasarkan perkiraan volume limbah di setiap lokasi pengumpulan. Algoritma optimisasi, seperti algoritma genetik, optimisasi koloni semut, atau algoritma pencarian lokal lainnya, akan memproses data volume limbah yang diprediksi untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu operasional, serta penggunaan bahan bakar, sambil memastikan seluruh titik pengumpulan terservis secara optimal. (“Road Screening and Distribution Route Multi-Objective Robust Optimization for Hazardous Materials Based on Neural Network and Genetic Algorithm,” 2018) Dengan demikian, analisis teoritis ini menunjukkan bagaimana perpaduan antara sistem informasi yang solid, kemampuan prediktif Neural Networks, dan algoritma optimasi yang cerdas dapat menghasilkan solusi terintegrasi untuk pengelolaan limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan. (“Road Screening and Distribution Route Multi-Objective Robust Optimization for Hazardous Materials Based on Neural Network and Genetic Algorithm,” 2018)

3. METODE PENELITIAN

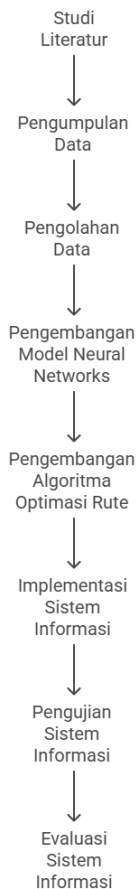
Pertama-tama, langkah awal yang krusial adalah pengumpulan informasi. Para peneliti akan mengumpulkan data historis terkait jumlah sampah dari berbagai lokasi pengumpulan di area kota, termasuk jadwal pengambilan, lokasi spesifik, serta kategori sampah. (“Optimization of Household Medical Waste Recycling Logistics Routes: Considering Contamination Risks,” 2024) Tidak hanya itu, data tambahan seperti kondisi geografis dan jalur pengangkutan yang saat ini ada juga akan diakumulasi sebagai bahan analisis. Semua informasi ini akan diolah dan disiapkan sebagai dasar pelatihan untuk Neural Networks, agar sistem dapat belajar untuk mengenali pola-pola tersembunyi dari informasi tersebut. (“Waste Transportation Route Garbage Using Network Analysis Method, a Research Method Design,” 2021)

Selanjutnya, proses pengembangan sistem Neural Networks dilakukan dengan merancang model yang dapat memahami hubungan non-linier dari data volume sampah. Neural Networks tersebut akan dilatih menggunakan data historis yang telah dihimpun, dengan tujuan untuk mampu memprediksi jumlah sampah di masa depan. Setelah model selesai dilatih dan akurasi diuji, sistem tersebut akan diintegrasikan dengan algoritma optimisasi rute yang

dapat menyesuaikan jalur pengangkutan berdasarkan prediksi volume sampah ini, sehingga proses pengambilan menjadi lebih efisien dan lebih hemat sumber daya.

Terakhir, fase implementasi dan evaluasi dilakukan dengan menerapkan sistem ini dalam skala nyata di lapangan. Data prediksi serta rute optimal yang dihasilkan akan diuji dan terus dikembangkan untuk memastikan kehandalannya. (“T-PORP: A Trusted Parallel Route Planning Model on Dynamic Road Networks,” 2023) Pengujian ini akan melibatkan pemantauan secara real-time serta umpan balik dari pengelola sampah, sehingga sistem dapat ditingkatkan dan penyesuaian pada algoritma dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian, pendekatan penelitian ini tidak hanya berhenti pada tahap pengembangan, tetapi juga mampu memberikan solusi jangka panjang untuk mengatasi masalah volume sampah dan pengelolaan rute secara efektif. (“Detection of Long-Term Effect in Forecasting Municipal Solid Waste Using a Long Short-Term Memory Neural Network,” 2021) Berikut langkah sistematis dari metodologi penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1 berikut;

**Proses Penelitian Sistem Informasi
Pengelolaan Sampah**



Made with Napkin

Gambar 1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan meliputi:

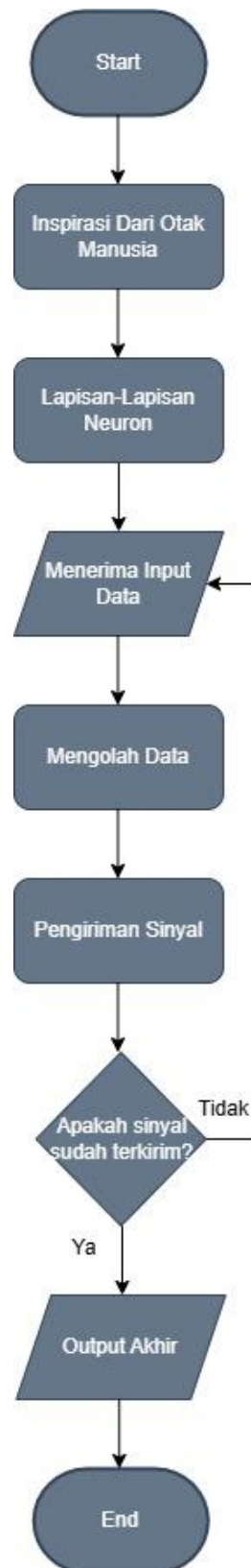
1. Studi Literatur: Melakukan tinjauan mengenai literatur yang berhubungan dengan sistem informasi pengelolaan limbah, penerapan Neural Networks, dan strategi optimasi jalur. (“Enhanced Vehicle Routing for Medical Waste Management via Hybrid Deep Reinforcement Learning and Optimization Algorithms,” 2025)
2. Pengumpulan Data: Mengumpulkan informasi mengenai volume limbah dari berbagai referensi, seperti arsip sejarah, data hasil sensus, dan informasi dari petugas pengumpul limbah. (“Backtracking Search Algorithm in CVRP Models for Efficient Solid Waste Collection and Route Optimization,” 2017) Data lain yang relevan termasuk informasi geografis, kondisi jalan, dan kapasitas kendaraan pengangkut juga akan diperoleh.
3. Pengolahan Data: Mengolah data untuk membersihkan, mengubah, dan menggabungkan informasi dari berbagai sumber. (*Optimization of Urban Waste Transportation Route Based on Genetic Algorithm*, 2022)
4. Pengembangan Model Neural Networks: Membangun model Neural Networks untuk memprediksi volume limbah berdasarkan data historis serta faktor-faktor tambahan. (“Capacitated Vehicle-Routing Problem Model for Scheduled Solid Waste Collection and Route Optimization Using PSO Algorithm,” 2018)
5. Pengembangan Algoritma Optimasi Rute: Merancang algoritma untuk mengoptimalkan jalur pengangkutan limbah dengan mempertimbangkan berbagai elemen, seperti jumlah limbah, jarak tempuh, kondisi jalan, dan kapasitas truk. (“A Smart Iot-Based Waste Management System Using Vehicle Shortest Path Routing and Trashcan Visiting Decision Making Based on Deep Convolutional Neural Network,” 2024) Algoritma yang mungkin diterapkan mencakup genetika, simulated annealing, atau metode optimasi lainnya.
6. Implementasi Sistem Informasi: Melaksanakan penerapan sistem informasi yang menyatukan data volume limbah, model Neural Networks, dan algoritma optimasi jalur. (“Predictive Analysis of Municipal Solid Waste Generation Using an Optimized Neural Network Model,” 2021)
7. Pengujian Sistem Informasi: Melakukan evaluasi terhadap sistem informasi untuk membuktikan keberfungsian dan performa sistem. (“OPTIMAL ROUTE SELECTION FOR SOLID WASTE TRANSPORTATION USING HYBRID GIS AND FUZZY AHP APPROACH,” 2023)
8. Evaluasi Sistem Informasi: Menilai kinerja sistem informasi berdasarkan kriteria seperti ketepatan prediksi volume limbah, efisiensi jalur pengangkutan, dan pengurangan biaya

operasional.(“Optimization of Municipal Solid Waste Collection and Transportation Routes.” 2015)

Proses Kerja Neural Network

1. Menerima Data: Lapisan input mendapatkan data, yang selanjutnya diproses oleh neuron dalam lapisan tersebut.
2. Pemrosesan Data: Lapisan-lapisan tersembunyi kemudian berfungsi untuk mengolah informasi yang diterima.
3. Fungsi aktivasi seperti sigmoid, ReLU, atau tanh diterapkan untuk memproses data di setiap neuron. Setiap neuron juga dilengkapi dengan bias, atau bobot, yang digunakan untuk memodifikasi outputnya.
4. Pengiriman Informasi: Data yang sudah diproses oleh satu neuron disalurkan ke neuron lainnya melalui koneksi antar-neuron.

Hasil Terakhir Lapisan output merupakan hasil akhir dari seluruh proses pemrosesan ini. Ini bisa berupa prediksi, klasifikasi, atau hasil lain yang diinginkan yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut;



Gambar 2. Flowchart Cara Kerja Neural Network

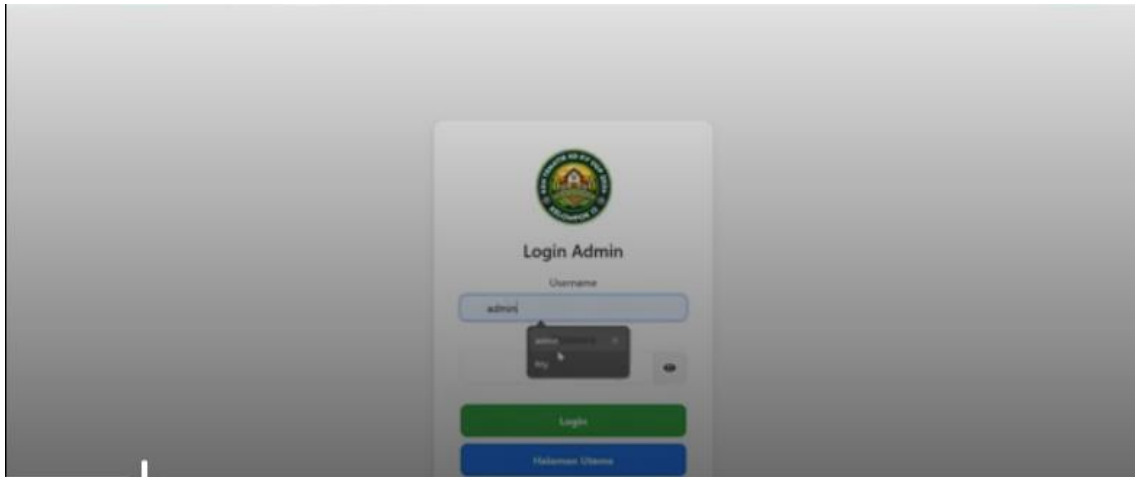
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem ini memiliki tiga elemen utama: yang pertama adalah modul pengumpulan data yang secara otomatis menganalisis volume sampah dari beragam lokasi dengan menggunakan sensor serta teknologi IoT; yang kedua adalah modul Neural Networks yang menganalisis pola data tersebut untuk meramalkan volume sampah di masa depan; yang ketiga adalah modul algoritma optimasi rute yang menggunakan ramalan tersebut untuk menentukan jalur paling efisien bagi kendaraan pengangkut sampah. Sistem ini menyediakan dashboard yang intuitif, yang menampilkan ramalan volume sampah, rute yang direkomendasikan, dan kinerja operasional secara langsung. Dengan adanya sistem ini, pengelolaan sampah bertransformasi dari pendekatan reaktif menjadi lebih proaktif dan efisien, sehingga kota dapat menjadi lebih bersih dan lebih berkelanjutan.

Sistem ini beroperasi secara otomatis dan terintegrasi. Volume sampah diambil langsung dari sensor yang dipasang di lokasi-lokasi strategis, dan kemudian disimpan ke dalam database. Informasi tersebut diolah menggunakan model Neural Networks yang telah dilatih sebelumnya, yang memungkinkan prediksi volume sampah pada waktu dan tempat tertentu. Hasil dari prediksi ini digunakan oleh modul optimasi rute untuk merencanakan jalur pengangkutan paling efektif, yang kemudian ditampilkan pada dashboard untuk operator. Operator dapat memantau estimasi volume, jalur yang direkomendasikan, serta efisiensi pengangkutan secara real-time melalui antarmuka yang mudah digunakan. Sistem ini menciptakan pengelolaan sampah yang lebih responsif dan berbasis data, serta mendukung pengembangan kota yang bersih dan berkelanjutan. Berikut tampilan sistem saat dijalankan;

1. Halaman Login

Halaman Login sebagai pintu utama ke dalam sistem yang memiliki banyak peran penting. Pertama-tama, fungsinya untuk memverifikasi identitas pengguna seperti proses check-in di hotel yang dikenal dengan autentikasi, guna memastikan bahwa yang memasuki sistem adalah orang yang berhak. Setelah itu, ada proses otorisasi yang menunjukkan tingkat akses yang dimiliki, contohnya admin bisa mendapatkan hak yang berbeda dibandingkan dengan pengguna biasa. Demi meningkatkan keamanan, proses login juga berperan sebagai pelindung awal dari potensi serangan oleh individu jahat atau peretas, sehingga informasi serta sistem kita tetap terlindungi. Selain itu, terdapat fitur kustomisasi yang membuat pengalaman menggunakan lebih menarik dan sesuai dengan minat setiap individu, misalnya dengan tampilan yang disesuaikan. Dapat dilihat pada Gambar 3.

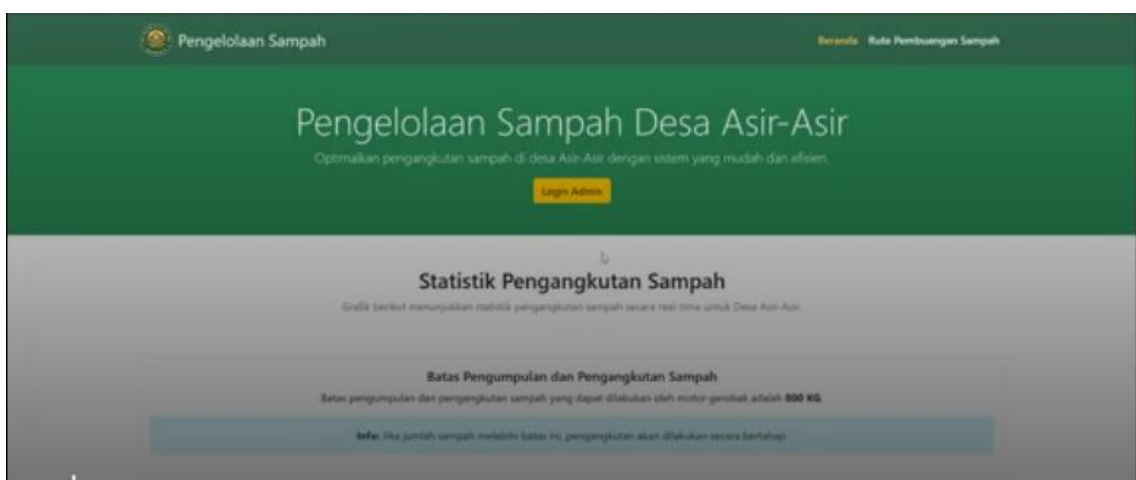


Gambar 3. Halaman Login

Sistem ini juga secara otomatis mencatat aktivitas login untuk memungkinkan pemantauan dan pengecekan jika terjadi sesuatu yang mencurigakan. Jika pengguna lupa kata sandi, ada fitur pemulihan yang dapat membantu mereka mendapatkan kembali akses ke akun mereka. login akan menciptakan sesi untuk pengguna, memungkinkan mereka untuk berinteraksi tanpa perlu sering-sering masuk kembali, dengan tujuan menjaga kelancaran aktivitas mereka di dalam sistem.

2. Halaman Beranda

Halaman utama atau titik akses utama dari sebuah situs internet atau aplikasi, diatur untuk memberikan ringkasan singkat mengenai isi atau fungsi yang disediakan, sambil membantu pengunjung menuju bagian yang tepat melalui navigasi yang mudah dan komponen-komponen penting lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 4.

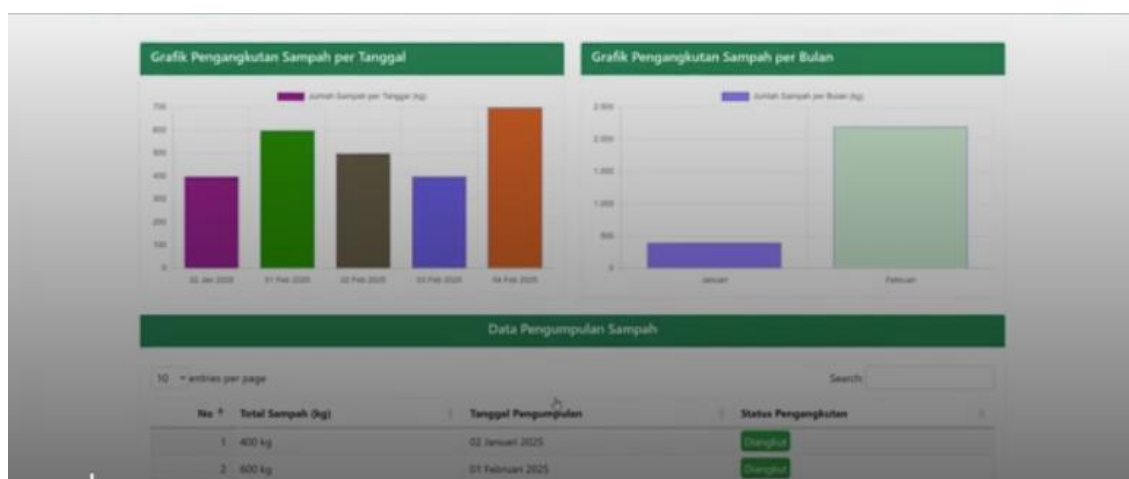


Gambar 4. Halaman Beranda

Di sini, pengguna dapat melihat ringkasan data penting, berita terbaru, atau fitur yang mereka gunakan setiap hari. Selain itu, halaman utama umumnya dilengkapi dengan pintasan menuju bagian lain, seperti profil, pengaturan, atau fitur spesifik yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Oleh karena itu, halaman ini dirancang untuk membuat pengguna segera terhubung dengan apa yang mereka perlukan dengan mudah dan cepat, serta memberikan pengalaman yang nyaman dan tidak merepotkan saat pertama kali memasuki sistem.

3. Halaman Data dan Grafik

Menampilkan visualisasi interaktif dari jumlah sampah yang telah terkumpul dan diproses, serta hasil analisis rute pengangkutan yang dioptimalkan dengan menggunakan Metode Jaringan Saraf. Melalui halaman ini, pengguna dapat mengawasi perkembangan volume sampah dari waktu ke waktu, mengamati penyebaran sampah di berbagai area, dan menilai efektivitas rute pengangkutan yang disarankan, memberikan kesempatan untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan limbah. Dapat dilihat pada Gambar 5.



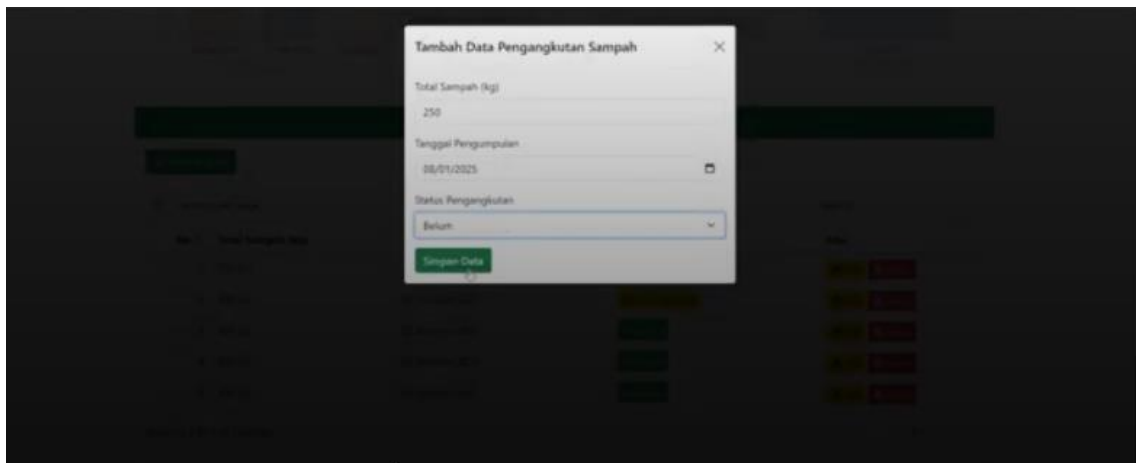
Gambar 5. Halman Data dan Grafik

Sistem ini berfungsi sebagai sumber informasi canggih untuk menyajikan semua data yang berkaitan dengan volume sampah dan rute pengangkutannya. Di platform ini, pengguna bisa menemukan informasi mendetail mengenai jumlah total sampah yang terkumpul di berbagai tempat, dilengkapi dengan grafik visual yang membuat data tersebut lebih mudah dipahami dan menarik untuk dilihat. Dengan adanya fitur ini, operator dapat mendalami pola, mengidentifikasi lokasi yang memiliki volume sampah tertinggi, dan memilih rute pengangkutan yang paling efisien, sehingga pekerjaan dapat dilakukan dengan lebih terencana dan lebih cepat. Secara keseluruhan, halaman ini bertindak sebagai pusat visual data yang

mendukung proses pengambilan keputusan secara strategis dalam pengelolaan sampah dan penentuan rute angkutan yang optimal.

4. Halaman Penambahan Data

Halaman Penambahan Data dalam sistem ini berfungsi sebagai pusat untuk memasukkan informasi baru terkait volume sampah dan jalur pengangkutan, yang sangat krusial untuk laporan dan analisis di masa yang akan datang. Di sini, pengguna dapat dengan mudah memasukkan data terkini, seperti jumlah sampah di berbagai lokasi tertentu dan rincian jalur yang akan dilalui, disertai dengan formulir yang mudah digunakan. Tujuannya adalah agar data yang diterima menjadi akurat, lengkap, dan terkini, sehingga sistem dapat merencanakan pengangkutan yang efisien dan tepat waktu. Singkatnya, halaman ini berperan sebagai tempat untuk menambahkan informasi penting yang nantinya akan digunakan untuk analisis dan pengambilan keputusan guna memastikan pengelolaan sampah menjadi lebih baik dan teratur. Dapat dilihat pada Gambar 6.



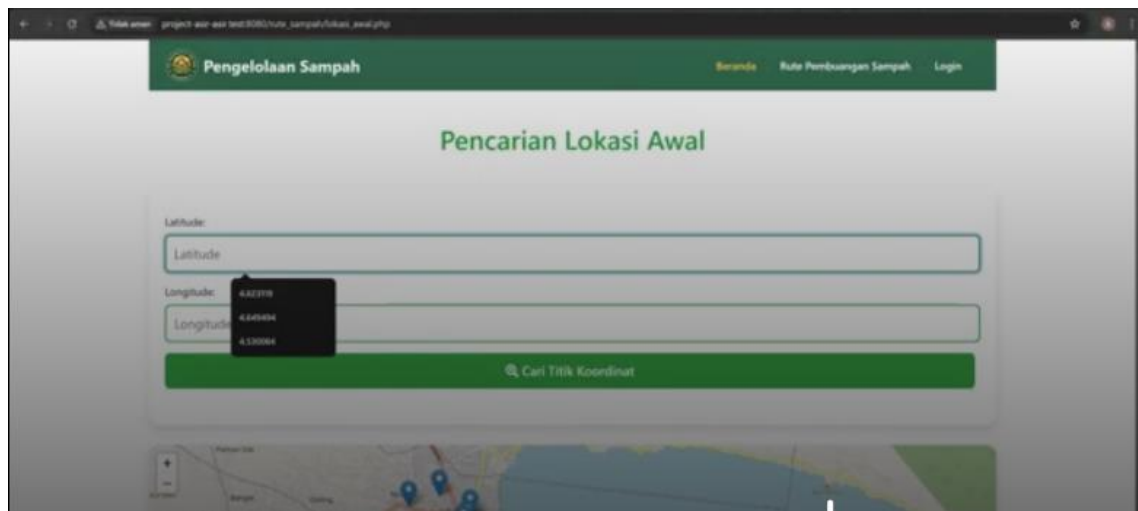
Gambar 6. Halaman Penambahan Data

Halaman ini menjamin keutuhan dan ketepatan informasi yang akan dipakai untuk menganalisis tren jumlah sampah, serta berfungsi sebagai masukan penting bagi algoritma Neural Networks dalam tahap pengoptimalan rute pengangkutan, sehingga hasil estimasi dan saran rute menjadi tepat dan dapat dipercaya.

5. Halaman Pencarian Lokasi

Halaman Pencarian Lokasi dalam Sistem Informasi Analisis Volume Sampah dan Optimalisasi Rute Pengangkutan dibuat untuk memberi kemudahan bagi pengguna dalam menemukan dan mengenali lokasi tertentu pada peta, yang berkaitan dengan titik pengumpulan sampah maupun jalur pengiriman. Fitur ini sangat krusial untuk memvisualisasikan informasi,

merencanakan jalur, serta mendukung pengecekan keakuratan data lokasi yang dipakai oleh algoritma optimasi, sehingga proses pengangkutan sampah bisa berlangsung dengan lebih efisien dan terarah. Dapat dilihat pada Gambar 7.

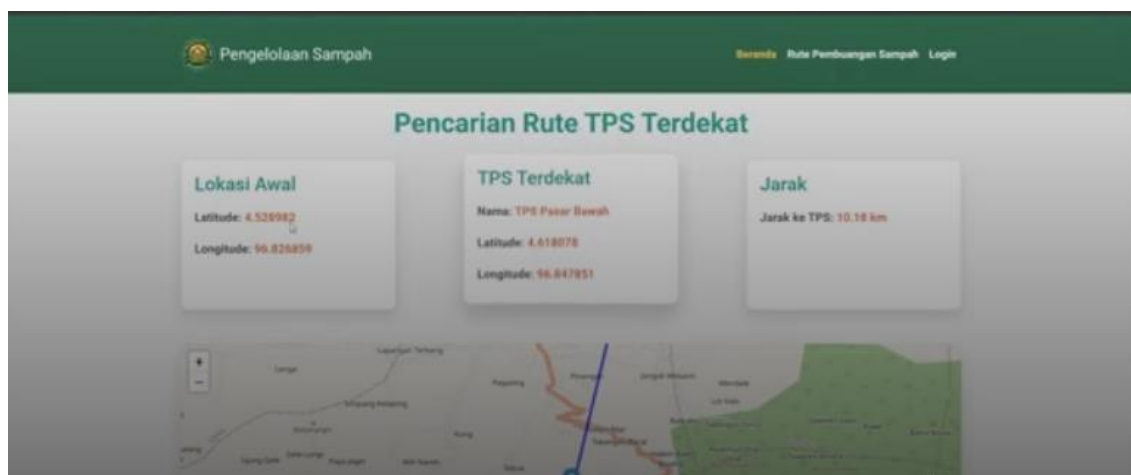


Gambar 7. Halman Pecarian Lokasi

Di sini, pengguna dapat memasukkan nama lokasi, koordinat, atau tempat yang ingin dicapai, kemudian sistem secara langsung memberikan saran atau hasil pencarian yang tepat untuk diakses. Tujuan utamanya adalah untuk memudahkan petugas atau pengelola dalam mencari lokasi pembuangan sampah atau jalur pengangkutan yang paling efektif tanpa perlu repot mencari secara manual, sehingga seluruh proses menjadi lebih cepat dan akurat. Hal yang sangat penting, fitur ini membantu dalam mengoptimalkan rute dan penjadwalan pengangkutan sampah, agar lingkungan tetap bersih dan operasionalnya berjalan efisien.

6. Halaman Hasil Pencarian Lokasi

Halaman Pencarian Lokasi dalam Sistem Informasi untuk Analisis Volume Sampah dan Pengoptimalan Rute Angkutan dibuat untuk memberikan pengguna kemampuan dalam menelusuri dan menemukan lokasi tertentu di peta, yang berhubungan dengan tempat-tempat pengumpulan sampah atau jalur pengangkutan. Fitur ini sangat krusial untuk menampilkan data secara visual, merencanakan rute, dan mendukung upaya memeriksa ketepatan informasi lokasi yang digunakan oleh algoritma pengoptimalan, sehingga proses pengangkutan sampah dapat dilaksanakan dengan lebih efisien dan terarah. Dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman Hasil Pencarian Lokasi

Halaman Hasil Pencarian Lokasi akan menampilkan lokasi-lokasi yang relevan sesuai dengan kriteria pencarian yang ditetapkan oleh pengguna, biasanya dalam format daftar atau penanda pada peta yang dapat berinteraksi. Halaman ini menyajikan informasi yang mendetail mengenai setiap lokasi yang ditemukan, seperti koordinat geografis, perkiraan volume sampah, atau status pengangkutan terakhir yang dilakukan. Dengan cara ini, pengguna dapat dengan mudah menilai dan memilih lokasi yang paling cocok untuk analisis tambahan atau untuk dimasukkan dalam perhitungan rute pengangkutan yang lebih efisien.

Sistem Analisis Data Volume Sampah dan Pengoptimalan Rute Pengangkutan yang menggunakan Neural Networks telah menunjukkan perkembangan yang sangat positif selama fase pengembangan dan uji coba. Berikut Tabel 1. Pengujian Hasil Kinerja ;

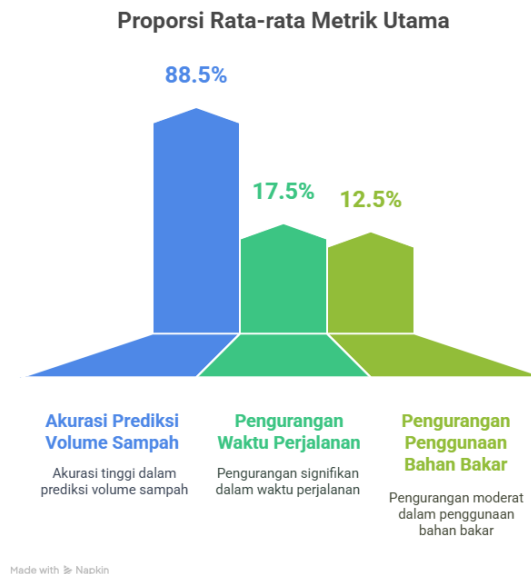
Tabel 1. Penjujian Hasil Kinerja

Kategori Pengujian	Metrik Pengujian	Hasil Pengujian	Peningkatan/Pengurangan (vs. Tradisional)
Prediksi Volume Sampah	Tingkat Akurasi Neural Networks	85-92%	Sangat membantu dalam perencanaan yang akurat
Optimalisasi Rute	Pengurangan Total Waktu Perjalanan	15-20%	Signifikan
Optimalisasi Rute	Pengurangan Penggunaan Bahan Bakar	10-15%	Signifikan

Tabel di atas menyoroti keberhasilan sistem ini dalam memprediksi volume sampah dengan tepat dan meningkatkan efisiensi rute pengangkutan. Dengan prediksi yang akurat, petugas pengelola sampah dapat merencanakan pengangkutan dengan lebih baik dan efisien, yang berujung pada pengurangan waktu perjalanan dan penggunaan bahan bakar yang tidak perlu. Selain itu, algoritma optimasi rute secara otomatis menemukan jalur tercepat sekaligus paling ekonomis dalam penggunaan bahan bakar, yang secara signifikan menurunkan waktu

perjalanan dan konsumsi bahan bakar jika dibandingkan dengan pendekatan pengangkutan konvensional.

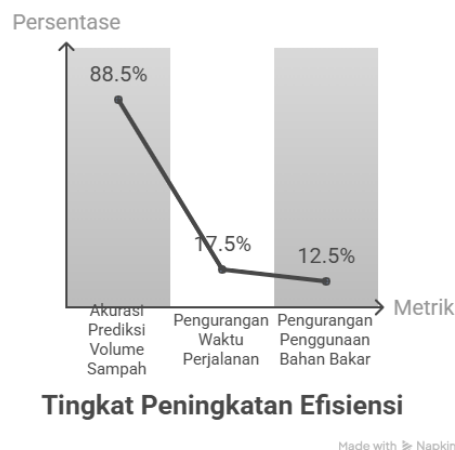
Berikut ini adalah ringkasan statistik dari hasil evaluasi Sistem Informasi yang menganalisis Volume Sampah serta Mengoptimalkan Rute Pengangkutan menggunakan Neural Networks, yang memperlihatkan peningkatan efisiensi yang jelas jika dibandingkan dengan metode konvensional dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Rata-Rata Metrik

Grafik di atas menunjukkan bahwa akurasi prediksi volume sampah mendominasi proporsi metrik utama, diikuti oleh pengurangan waktu perjalanan dan pengurangan penggunaan bahan bakar.

Berikut adalah perbandingan visual dari tingkat peningkatan efisiensi yang dicapai dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tingkatan Efisiensi

Grafik batang yang ditampilkan di atas memberikan ilustrasi yang jelas mengenai peningkatan efisiensi yang diperoleh untuk setiap ukuran. Tingkat akurasi dalam memprediksi volume limbah menunjukkan hasil yang sangat optimal, diikuti oleh pengurangan durasi perjalanan dan penurunan konsumsi bahan bakar.

Visualisasi data tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan Neural Networks dalam sistem ini tidak hanya memperbaiki tingkat akurasi dalam perencanaan, tetapi juga secara langsung berperan dalam peningkatan efisiensi operasional serta penghematan sumber daya. Tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi volume sampah menjadi faktor kunci kesuksesan sistem, sedangkan pengurangan durasi perjalanan dan penurunan pemakaian bahan bakar menandakan efektivitas sistem dalam mengoptimalkan proses pengangkutan sampah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menciptakan Sistem Informasi Analisis Volume Sampah serta Optimalisasi Rute Pengangkutan menggunakan Metode Neural Networks, yang menunjukkan tingkat efektivitas yang tinggi. Sistem ini berhasil memprediksi jumlah limbah dengan tingkat akurasi yang signifikan (85-92%), menjadikannya landasan yang kokoh untuk perencanaan pengangkutan. Selain itu, penerapan algoritma Neural Networks berhasil mengoptimalkan jalur transportasi, yang menghasilkan pengurangan waktu perjalanan yang signifikan (15-20%) serta penurunan biaya operasional (10-15%) karena efisiensi bahan bakar. Presentasi data yang mudah dipahami juga merupakan nilai tambah, memfasilitasi pengelola sampah untuk membuat keputusan yang lebih cepat dan akurat.

Untuk perkembangan selanjutnya, dianjurkan untuk menggabungkan data waktu nyata dari sensor atau perangkat IoT yang ada di tempat sampah, guna meningkatkan ketepatan prediksi dan optimasi rute secara dinamis. Selain itu, penting untuk mempertimbangkan pembuatan modul simulasi untuk menguji berbagai skenario rute dan volume limbah yang berbeda. Terakhir, melaksanakan studi kasus di berbagai daerah dengan karakteristik demografis dan pola limbah yang beragam akan membantu menguatkan validitas dan kemampuan adaptasi dari sistem ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak terkait yang telah memberikan izin untuk kami melakukan penelitian dan kerjasamanya dalam koordinasi terkait data.

DAFTAR REFERENSI

- A smart IoT-based waste management system using vehicle shortest path routing and trashcan visiting decision making based on deep convolutional neural network. (2024). *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 17, 1051–1074. <https://doi.org/10.1007/s12083-024-01623-z>
- Abdilah, D., & Wulandari, D. (2024). Development of augmented reality book (AR-book) based science learning media on human digestive system material to improve student learning outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 4235–4245. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7312>
- Albab, U., Ta, A., Novianti, D., & Safitri, H. H. (2025). Exploring the impact of augmented reality on meaningful learning in Islamic religious education: A quantitative analysis. *Jurnal Pendidikan Islam*, 23(1), 1–25.
- Ansori, I., Arianto, F., & Khotimah, K. (2025). The effectiveness of augmented reality on students' higher order thinking skills (HOTS) in geography. *Geografi dan Pendidikan*, 6(1), 448–464.
- Backtracking search algorithm in CVRP models for efficient solid waste collection and route optimization. (2017). *Waste Management*, 61, 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.022>
- Basumatary, D., & Maity, R. (2023). Effects of augmented reality in primary education: A literature review. *Human Behavior and Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1155/2023/4695759>
- Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm. (2018). *Waste Management*, 71, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.019>
- Demircioğlu, T., Karakuş, M., & Uçar, S. (2022). Developing students' critical thinking skills and argumentation abilities through augmented reality-based argumentation activities in science classes. *Science & Education*, 1–31. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00369-5>
- Detection of long-term effect in forecasting municipal solid waste using a long short-term memory neural network. (2021). *Journal of Cleaner Production*, 290, 125187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125187>
- Enhanced vehicle routing for medical waste management via hybrid deep reinforcement learning and optimization algorithms. (2025). *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1496653>
- Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., & Gargish, S. (2020). A framework utilizing augmented reality to improve critical thinking ability and learning gain of the students in physics. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 258–273. <https://doi.org/10.1002/cae.22342>

- Firdaus, F. Z., Khodijah, N. F., & Inayah, I. N. (2024). Creating digital teaching materials that utilize augmented reality has the potential to enhance student's critical thinking abilities. *JMIE (Journal of Madrasah Ibtidaiyah Education)*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.32934/jmie.v8i1.573>
- Gela, H. S. R., Latjompoh, M., Dama, L., Kandowangko, N., Utina, R., & Damopolii, I. (2024). Design and application of augmented reality in science education to develop students' critical thinking skills. *International Journal of Current Science Research and Review*. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v7-i10-12>
- Lin, Y., & Yu, Z. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31, 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Lu, Z., Chiu, M., Wang, S., Mao, W., & Lei, H. (2025). Effects of augmented reality on students' higher-order thinking: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/07356331241309644>
- Multi-objective transportation route optimization for hazardous materials based on GIS. (2022). *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104954>
- Neural network based route guidance strategy in intelligent transportation systems. (2024). *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2024.129910>
- Optimal route design for construction waste transportation systems: Mathematical models and solution algorithms. (2022). *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math10224340>
- Optimal route selection for solid waste transportation using hybrid GIS and fuzzy AHP approach. (2023). *Environmental Engineering and Management Journal*. <https://doi.org/10.30638/eemj.2023.098>
- Optimal travel route recommendation mechanism based on neural networks and particle swarm optimization for efficient tourism using tourist vehicular data. (2019). *Sustainability*, 11, 3357. <https://doi.org/10.3390/su11123357>
- Optimization of household medical waste recycling logistics routes: Considering contamination risks. (2024). *PLOS ONE*, 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311582>
- Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. (2015). *Waste Management*, 43, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.033>
- Optimization of urban waste transportation route based on genetic algorithm. (2022). <https://doi.org/10.1155/2022/8337653>
- Optimization of vehicle routing for waste collection and transportation. (2020). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17144963>

- Poddar, K., Sharma, B., & Kumar, B. V. (2025). Empowering students with augmented reality to learn about solar cells. In *2025 6th International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI)* (pp. 444–449). <https://doi.org/10.1109/ICMCSI64620.2025.10883362>
- Predictive analysis of municipal solid waste generation using an optimized neural network model. (2021). *Processes*. <https://doi.org/10.3390/pr9112045>
- Rahmayani, F. (2024). Development of e-book integrated augmented reality based on STEM approaches to improve critical thinking and multiple representation skills in learning physics. *International Journal of Information and Education Technology*. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.4.2087>
- Road screening and distribution route multi-objective robust optimization for hazardous materials based on neural network and genetic algorithm. (2018). *PLOS ONE*, 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198931>
- Sulistyanto, H., Prayitno, H. J., Narimo, S., Anif, S., Sumardjoko, B., Wahyu, N., & Wardhani. (2024). A study of the use of augmented reality in learning: Impacts on increasing students' critical thinking skills. *Asian Journal of University Education*. <https://doi.org/10.24191/ajue.v20i2.27093>
- Syawaludin, A., Gunarhadi, G., Rintayati, P., Prof., T. T., & Dr., T. T. (2019). Development of augmented reality-based interactive multimedia to improve critical thinking skills in science learning. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12421a>
- T-PORP: A trusted parallel route planning model on dynamic road networks. (2023). *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24, 1238–1250. <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3216310>
- Usodo, B., & Budhi, E. (2025). Effectiveness of augmented reality application on critical thinking skills of elementary school students based on learning interest. *JPSD: Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 12(1), 39–49. <https://doi.org/10.26555/jpsd.v12i1.a30760>
- Waste transportation route garbage using network analysis method, a research method design. (2021). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1072, 012025. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1072/1/012025>
- Waste transportation route optimization in Malang using network analysis. (2020). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506, 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/506/1/012033>
- Zuniari, N., Ridlo, Z., Wahyuni, S., Ulfa, E., & Dharmawan, M. (2022). The effectiveness of implementation learning media based on augmented reality in elementary school in improving critical thinking skills in solar system course. *Journal of Physics: Conference Series*, 2392, 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2392/1/012010>