

Optimasi Lokasi Tempat Sampah di Perkotaan Berbasis Greedy dengan Memperhatikan Aksesibilitas Jaringan Jalan dan Cakupan Aktivitas

Stefan Mattew Susanto - 13523020

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

E-mail: stefanmattew246@gmail.com , 13523020@std.stei.itb.ac.id

Abstrak— Penempatan tempat sampah dan Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang efisien sangat penting dalam pengelolaan sampah perkotaan. Penelitian ini mengembangkan aplikasi berbasis web yang menggunakan algoritma greedy dan data jaringan jalan dari OpenStreetMap untuk menghitung jalur terpendek dari lokasi pengguna maupun titik sampah harian menuju TPS terdekat. Aplikasi dibangun dengan Python dan visualisasi peta interaktif ditampilkan menggunakan Streamlit dan Folium. Sistem juga menyediakan estimasi waktu tempuh dan daftar TPS terdekat, sehingga dapat mendukung perencanaan fasilitas kebersihan yang lebih efisien.

Kata kunci — optimasi; tempat sampah; greedy; jaringan jalan; aksesibilitas; TPS; aktivitas; perkotaan; rute terpendek; SIG

I. PENDAHULUAN

Kota Bandung merupakan salah satu kota terbesar ketiga di Indonesia. Semakin besar kota maka semakin banyak pula penduduk yang terdapat di kota tersebut. Jumlah penduduk yang banyak tak luput dari masalah mengenai sampah. Kondisi sampah di Bandung merupakan salah satu tantangan yang perlu dihadapi dan diselesaikan oleh seluruh lapisan masyarakat di kota Bandung. Elemen dalam sistem pengelolaan sampah mencakup Lokasi penempatan tempat sampah umum, Tempat Pembuangan Sampah Sementara (TPS) yang strategis sehingga Masyarakat dan petugas pengangkut sampah sama sama mudah dalam mengelola sampah dan bisa cukup efisien baik waktu tenaga dan lainnya. Faktanya Lokasi penempatan fasilitas menunjukkan Lokasi tidak memiliki akses yang baik dan dapat menyebabkan sampah terus bertumpuk dan dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Dalam upaya menyelesaikan masalah, suatu sistem teknologi yang dapat menganalisis distribusi dan aksesibilitas fasilitas kebersihan diperlukan. Salah satu pendekatan yang relevan adalah pemodelan jaringan jalan kota sebagai graf berbobot, yang dapat digunakan untuk menghitung jalur terpendek berdasarkan jalur kondisi jalan sebenarnya. Dengan mengintegrasikan algoritma pencarian jalur seperti Dijkstra (yang termasuk dalam strategi greedy), sistem dapat memberikan solusi optimal secara lokal dalam menentukan akses dari lokasi pengguna ke TPS atau tempat sampah harian terdekat.

Penelitian ini mengembangkan sebuah aplikasi interaktif berbasis web menggunakan bahasa Python dan framework Streamlit, yang mampu membaca data spasial dari OpenStreetMap, mendeteksi lokasi pengguna melalui GPS browser, serta menghitung dan memvisualisasikan rute optimal menuju fasilitas kebersihan. Sistem juga menyediakan informasi estimasi waktu tempuh serta rekomendasi TPS alternatif berdasarkan jarak terdekat melalui jalan. Dengan pendekatan ini, diharapkan masalah sampah di Bandung dapat menurun dan efisiensi sistem pengelolaan sampah di kota Bandung dapat meningkat.

II. DASAR TEORI

A. Algoritma Greedy

Algoritma greedy adalah algoritma yang memecahkan suatu persoalan secara step by step sedemikian rupa. Pada setiap langkah algoritma Greedy akan diambil pilihan yang terbaik pada saat itu tanpa memperhatikan konsekuensi ke depan. Algoritma Greedy memiliki prinsip “take what you can get now!”. Algoritma Greedy berharap bahwa dengan memilih optimum lokal pada setiap langkah akan berakhir dengan optimum global atau hasil akhir yang paling optimal.

Elemen-elemen yang terdapat pada algoritma greedy ialah:

1. Himpunan kandidat, C , yang berisi kandidat yang akan dipilih pada setiap langkah, misalnya simpul/sisi di dalam graf.
2. Himpunan solusi, S yang berisi kandidat yang sudah dipilih
3. Fungsi Solusi yang menentukan apakah suatu himpunan kandidat yang dipilih telah memberikan solusi
4. Fungsi seleksi yakni memilih kandidat berdasarkan strategi greedy tertentu. Strategi greedy yang digunakan bersifat heuristik.

5. Fungsi kelayakan yang memeriksa apakah suatu kandidat yang dipilih dapat dimasukkan ke dalam himpunan solusi (layak atau tidak)

6. Fungsi obyektif yang memaksimalkan atau meminimumkan suatu

Pendekatan algoritma greedy memiliki kelemahan utama yaitu solusi yang dihasilkannya belum tentu merupakan solusi optimal secara global, melainkan bisa saja bukan yang paling optimal. Hal ini disebabkan karena algoritma greedy tidak mempertimbangkan seluruh kemungkinan solusi yang tersedia seperti pada metode pencarian menyeluruh (exhaustive search). Selain itu, keberhasilan algoritma sangat dipengaruhi oleh pemilihan fungsi seleksi yang digunakan. Jika fungsi seleksi yang dipilih tidak sesuai dengan karakteristik permasalahan, maka hasil akhir yang diperoleh dapat menyimpang dan jauh dari solusi yang seharusnya.

B. Lintasan Terpendek (Shortest Path)

Lintasan terpendek (shortest path) merupakan permasalahan penting dalam teori graf dan memiliki banyak aplikasi di dunia nyata, seperti sistem navigasi, jaringan komputer, dan perencanaan logistik. Dalam konteks graf berbobot, tujuan dari persoalan lintasan terpendek adalah untuk mencari rute dari suatu simpul asal ke simpul lainnya dengan total bobot (misalnya jarak atau waktu) terkecil.

Terdapat beberapa bentuk dari masalah lintasan terpendek, antara lain:

1. Lintasan terpendek antara dua simpul tertentu (pair shortest path),
2. Lintasan dari satu simpul ke semua simpul lainnya (single-source shortest path),
3. Lintasan antara semua pasangan simpul (all-pairs shortest path),
4. Lintasan yang melewati simpul tertentu (intermediate path).

Salah satu pendekatan paling populer dan efisien dalam menyelesaikan persoalan lintasan terpendek adalah Algoritma Dijkstra, yang termasuk dalam strategi greedy. Algoritma ini bekerja dengan cara membangun lintasan optimal secara bertahap, dimulai dari simpul asal, dan pada setiap langkahnya memilih simpul yang belum diproses dengan jarak minimum. Setiap simpul yang dipilih akan diperbarui jaraknya terhadap simpul-simpul lain berdasarkan bobot sisi yang menghubungkannya.

C. Penelusuran Graf

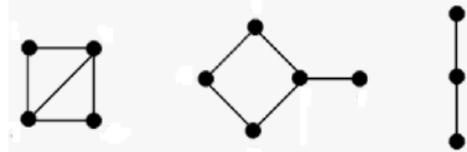
Graf umumnya digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Secara umum, Graf G didefinisikan sebagai $G = (V, E)$ dengan V merupakan himpunan tidak kosong dari

simpul-simpul didefinisikan sebagai $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$, dan E merupakan himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul didefinisikan sebagai $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$. Graf harus memiliki minimal 1 simpul, sedangkan himpunan E boleh tidak memiliki sisi satu pun

Graf dapat dibedakan menjadi beberapa jenis seperti:

1. Graf Sederhana (simple graf)

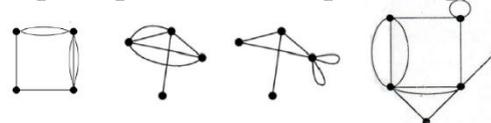
Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung sisi ganda pada tiap simpul.



Gambar 1 Graf Sederhana. Sumber PPT Rinaldi Munir

2. Graf Tak-sederhana

Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung minimal satu sisi ganda atau gelang



Gambar 2 Graf tak-sederhana. Sumber PPT Rinaldi Munir

3. Graf tak-berarah (undirect graph)

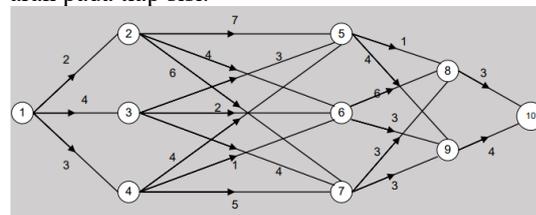
Graf tak-berarah adalah graf yang tidak mempunyai orientasi arah.



Gambar 3 Graf tak-berarah. Sumber PPT Rinaldi Munir

4. Graf berarah (directed graph)

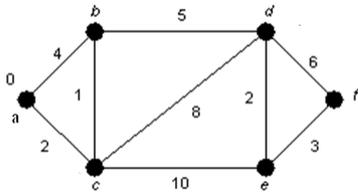
Graf berarah adalah graf yang memiliki orientasi arah pada tiap sisi.



Gambar 4 Graf Berarah. Sumber PPT Stima Rinaldi Munir

5. Graf Berbobot

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisi memiliki nilai bobot yang merepresentasikan jarak, biaya, waktu, atau ukuran lainnya.



Gambar 5 Graf Berbobot. Sumber PPT Stima Rinaldi Munir

D. Penempatan Fasilitas Tempat Sampah

Penempatan fasilitas tempat sampah di wilayah perkotaan merupakan aspek penting dalam sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Tempat sampah terdiri dari tempat sampah publik, Tempat Pembuangan Sementara (TPS), hingga lokasi penampungan sampah akhir (TPA). Penempatan yang strategis dapat meningkatkan aksesibilitas masyarakat dalam membuang sampah, mengurangi pembuangan sampah sembarangan, serta meningkatkan efisiensi proses pengumpulan dan pengangkutan oleh petugas kebersihan.

Dalam perencanaan kota, penempatan fasilitas seperti tempat sampah termasuk salah satu masalah yang perlu diperhatikan, yaitu permasalahan penentuan lokasi fasilitas untuk memaksimalkan cakupan layanan dan meminimalkan biaya atau jarak tempuh. Penempatan fasilitas publik harus mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain:

1. Kepadatan penduduk dan aktivitas harian masyarakat
2. Aksesibilitas infrastruktur seperti jaringan jalan
3. Jarak ke fasilitas lain seperti TPS atau TPA
4. Ketersediaan ruang publik atau lahan
5. Aspek sosial dan lingkungan seperti kenyamanan dan estetika.

Kesalahan dalam menempatkan tempat sampah dapat menyebabkan terjadinya penumpukan, gangguan lingkungan, dan keluhan dari masyarakat. Oleh karena itu, pendekatan berbasis data dan algoritma menjadi solusi modern dalam merancang sistem penempatan fasilitas.

Dalam penelitian ini, penempatan dianalisis menggunakan pendekatan graf berbobot yang merepresentasikan jaringan jalan kota. Setiap titik permukiman atau aktivitas masyarakat dikaitkan dengan simpul pada jaringan jalan, lalu dihitung jaraknya ke TPS terdekat menggunakan algoritma jalur terpendek. Hal ini memungkinkan evaluasi apakah lokasi TPS saat ini sudah optimal atau masih ada area yang tidak terjangkau secara efisien.

E. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Geographic Information System (GIS) adalah sistem berbasis

komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang memiliki referensi geografis atau spasial. SIG memungkinkan pengguna untuk memahami pola, hubungan, dan tren berdasarkan lokasi di permukaan bumi, sehingga sangat berguna dalam pengambilan keputusan berbasis lokasi.

Data dalam SIG umumnya memiliki dua komponen utama, yaitu:

1. Data spasial (geometris) – berupa koordinat lokasi seperti lintang dan bujur (latitude dan longitude), garis, dan poligon.
2. Data atribut – berupa informasi deskriptif yang melekat pada data spasial, misalnya nama lokasi, jenis fasilitas, atau kapasitas.

Dalam konteks perencanaan kota dan pengelolaan lingkungan, SIG digunakan untuk berbagai keperluan, seperti pemetaan tata ruang, penempatan fasilitas publik, pemantauan sampah, perencanaan transportasi, dan mitigasi bencana.

III. IMPLEMENTASI

Program *greedy-waste-optimization-in-bandung* ini menggunakan bahasa pemrograman Python. Program menggunakan Bahasa python karena Bahasa pemrograman yang relatif simple dan mudah untuk diimplementasikan.

Dalam program ini menggunakan beberapa library untuk mendukung berbagai fungsi yang diperlukan, seperti data spasial, perhitungan graf, hingga visualisasi interaktif.

Library utama yang digunakan adalah Streamlit. Streamlit adalah sebuah framework berbasis Bahasa Python yang memudahkan pembuatan interface pengguna berbasis web secara cepat dan efisien. Untuk pengambilan dan pemrosesan jaringan jalan dari sumber data OpenStreetMap, digunakan library OSMNX, sedangkan untuk perhitungan graf dan jalur terpendek digunakan NetworkX. Library Folium digunakan sebagai alat visualisasi peta berbasis Leaflet.js yang dapat menampilkan marker, polyline, dan tooltip secara interaktif di dalam aplikasi. Selain itu, Pandas digunakan untuk membaca dan mengelola data tempat sampah dan TPS dalam format file CSV, serta streamlit_javascript untuk memperoleh lokasi pengguna secara langsung melalui fitur geolokasi browser.

Proses diawali dengan deteksi lokasi pengguna secara otomatis menggunakan API JavaScript. Apabila lokasi tidak dapat diakses, sistem secara otomatis menggunakan titik koordinat default di ITB. Setelah lokasi pengguna diketahui, sistem menunggu input dari pengguna untuk menekan tombol Hitung & Visualisasikan yang terdapat di bar sebelah kiri

Ketika tombol tersebut ditekan, sistem mengambil jaringan jalan dari OpenStreetMap di sekitar lokasi pengguna dalam radius yang ditentukan melalui slider (0.5 km – 2.0 km). Jaringan jalan ini direpresentasikan dalam bentuk graf berbobot, di mana simpul mewakili titik koordinat dan sisi

mewakili ruas jalan yang menghubungkan simpul tersebut. Seluruh lokasi TPS dan titik tempat sampah harian kemudian dipetakan ke simpul terdekat dalam jaringan menggunakan fungsi `nearest_nodes()` dari OSMNX. Data TPS diambil dari file csv yang merupakan data tps di kota Bandung pada tahun 2024. Sedangkan penempatan Lokasi tempat sampah umum mengambil data dari file csv dan merupakan simulasi data dan tidak sesuai dengan kondisi actual pada kehidupan nyata.

Lalu, perhitungan jalur terpendek dari setiap titik tempat sampah harian ke TPS terdekat menggunakan algoritma Dijkstra, yang diimplementasikan melalui fungsi `shortest_path_length()` dan `shortest_path()` dari NetworkX. Jalur ini kemudian divisualisasikan sebagai garis oranye di peta. Selain itu, jalur terdekat dari lokasi pengguna ke TPS juga dihitung dan divisualisasikan sebagai garis merah, sedangkan jalur ke tempat sampah harian terdekat divisualisasikan sebagai garis biru.

Program juga mempunyai fitur untuk menampilkan 3 TPS terdekat dan 3 tempat sampah harian terdekat berdasarkan jalur terpendek. Jarak dan estimasi waktu tempuh ke masing-masing lokasi dihitung berdasarkan kecepatan berjalan kaki rata-rata (5 km/jam), lalu ditampilkan di sidebar. Estimasi ini memberikan estimasi waktu untuk pengguna mencapai TPS dan atau tempat sampah terdekat.

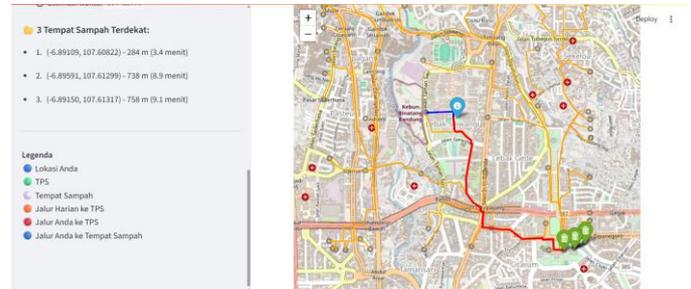
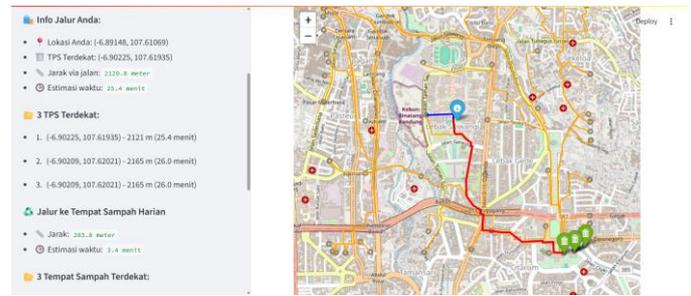
Seluruh jalur dan lokasi divisualisasikan dalam peta yang interaktif, memungkinkan pengguna melihat posisi mereka, lokasi fasilitas kebersihan, dan jalur optimal yang dapat ditempuh. Peta akhir disimpan dalam file HTML dan dirender langsung di dalam antarmuka Streamlit.

Dengan bebrapa fitur yang telah diimplementasikan, sistem tidak hanya membantu visualisasi distribusi TPS dan tempat sampah, tetapi juga dapat berfungsi sebagai alat bantu dalam perencanaan dan evaluasi kebijakan pengelolaan sampah di lingkungan perkotaan secara lebih efisien dan terukur.

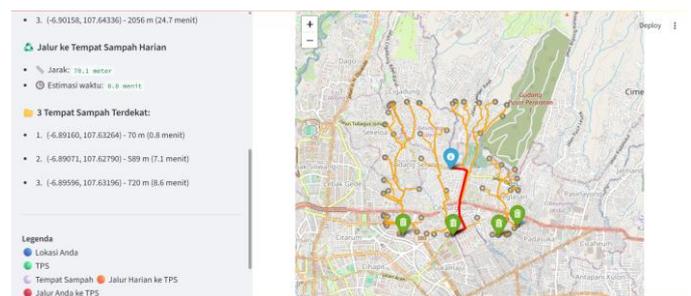
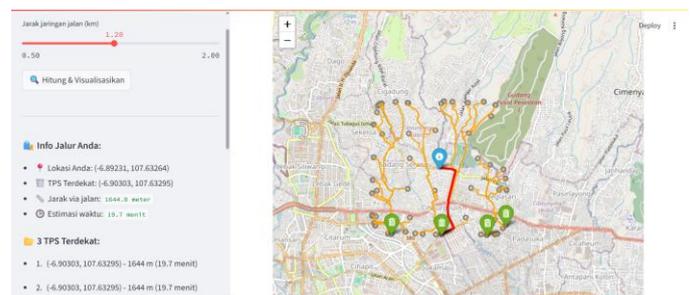
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

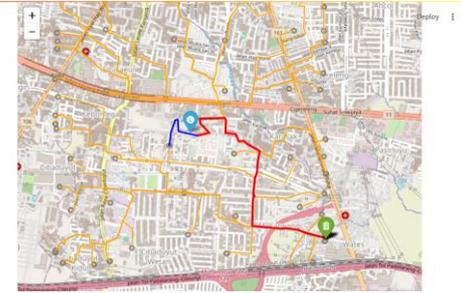
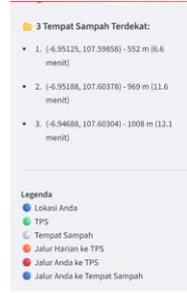
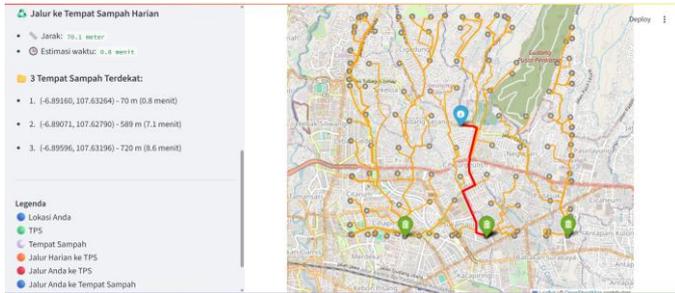
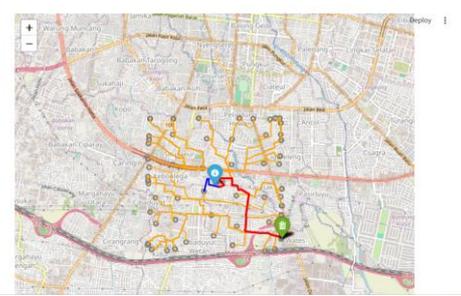
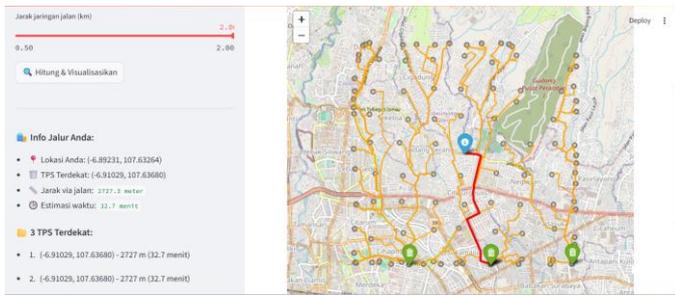
4.1. Pengujian

a. Test case 1

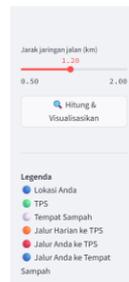


b. Test case 2





d. Test Case 4



Optimasi Tempat Sampah & TPS di Bandung

Lokasi GPS Anda (Otomatis)

Lokasi berhasil dibaca: -6.91071, 107.606835

c. Test case 3



4.2. Analisis

Program telah diuji dengan 4 contoh test case yakni ketika program bisa membaca lokasi aktual saat ini serta ketika program tidak bisa membaca lokasi karena ijin web browser yang tidak memberikan akses lokasi.

Pada proses pengujian, program telah berhasil menjalankan pemetaan, pencarian jalur terpendek, dan menampilkan jalur lokasi saat ini ke lokasi tempat sampah serta TPS terdekat berdasarkan jaringan jalan.

Program menggunakan algoritma greedy dengan algoritma Dijkstra yang digunakan untuk menghiung simpul yang jaraknya minimum untuk mencapai suatu tempat. Program mampu menentukan jalur optimal secara efisien dalam waktu komputasi yang cepat meskipun pada area dengan banyak simpul (node) dan jalur (edge). Jalur yang dihasilkan benar-benar mengikuti struktur jalan nyata, bukan hanya garis lurus antar titik, sehingga hasil visualisasi dapat lebih realistis dan mudah diikuti serta digunakan oleh pengguna.

Pada beberapa percobaan, Ketika dalam radius jarak yang ditentukan oleh user lebih kecil dibandingkan Lokasi TPS maka hasil jalur yang dihasilkan dapat tidak lengkap dan dapat gagal menghitung, namun jika radius terlalu besar maka proses waktunya akan makin lama.

Pada program ini data TPS yang digunakan data nyata, sedangkan data tempat sampah yang digunakan bersifat tidak nyata dan hanya sebagai simulasi yang tidak menggambarkan situasi nyata di lapangan. Ke depannya, Lokasi tempat sampah dapat dikembangkan sehingga dapat menggambarkan kondisi secara real-lifeny.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas sebuah rancangan aplikasi interaktif berbasis web yang memanfaatkan algoritma greedy untuk membantu optimasi penempatan dan aksesibilitas fasilitas kebersihan berupa tempat sampah dan Tempat Pembuangan Sementara (TPS) di Kota Bandung. Dengan mengintegrasikan data spasial dari OpenStreetMap dan pemodelan graf jaringan jalan, sistem dapat menghitung jalur terpendek dari pengguna maupun titik tempat sampah harian menuju TPS terdekat secara efisien.

Aplikasi ini juga mampu mendeteksi lokasi pengguna secara otomatis melalui GPS browser dan menampilkan informasi penting seperti estimasi waktu tempuh, daftar TPS terdekat, serta visualisasi peta yang interaktif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pendekatan algoritma jalur terpendek (seperti Dijkstra) sangat sesuai untuk diterapkan pada permasalahan ini karena mampu memberikan solusi lokal yang optimal dalam waktu yang cepat.

Program ini masih memiliki beberapa banyak keterbatasan, seperti pemetaan simpul yang menghasilkan duplikasi TPS terdekat, serta ketergantungan pada kualitas dan cakupan data jaringan jalan. Selain itu, data tempat sampah harian yang digunakan bersifat simulasi dan tidak sesuai dengan realita di lapangan.

Program ini dapat menjadi salah satu rancangan dan dapat berkontribusi sebagai alat bantu perencanaan fasilitas

kebersihan kota yang lebih efektif dan efisien. Program ini dapat dikembangkan lebih lanjut ke depannya, seperti dengan mengintegrasikan data nyata sesuai dari dinas terkait, mempertimbangkan faktor lingkungan tambahan seperti kepadatan penduduk dan kapasitas TPS, serta memperluas cakupan wilayah analisis.

LINK GITHUB

<https://github.com/StefanMattew/greedy-waste-optimization-in-bandung.git>

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan lancar dan tepat waktu. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pengampu mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma 2025, atas bimbingan, ilmu, dan inspirasi yang telah diberikan selama perkuliahan. Penulis juga berterima kasih kepada keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan doa, serta kepada teman-teman seperjuangan yang telah membantu dan mendampingi dalam proses penyusunan makalah ini melalui diskusi dan kolaborasi yang berarti. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak lain yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis berharap makalah ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan ilmu dan solusi terhadap permasalahan nyata yang dibahas.

REFERENSI

- [1] Dijkstra, E. W., "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs," *Numerische Mathematik*, vol. 1, pp. 269–271, 1959. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73..
- [2] OSMnx Documentation – Retrieve, Model, Analyze, and Visualize Street Networks from OpenStreetMap, <https://osmnx.readthedocs.io>
- [3] Badan Informasi Geospasial. Sebaran Tempat Pembuangan Sementara (TPS). Diakses dari: <https://tanahair.indonesia.go.id/sdi/dataset/sebaran-tempat-pembuangan-sementara/resource/66708536-0ac2-45a3-a967-dd59ec420f44>
- [4] R. Munir, Algoritma Greedy Bagian 1, 2025. [Daring]. Tersedia: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2024-2025/04-Algoritma-Greedy-\(2025\)-Bag1.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2024-2025/04-Algoritma-Greedy-(2025)-Bag1.pdf) [Diakses: 24-Juni-2025].
- [5] R. Munir, Algoritma Greedy Bagian 2, 2025. [Daring]. Tersedia: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2024-2025/05-Algoritma-Greedy-\(2025\)-Bag2.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2024-2025/05-Algoritma-Greedy-(2025)-Bag2.pdf) [Diakses: 24-Juni-2025].
- [6] R. Munir, Algoritma Greedy Bagian 3, 2025. [Daring]. Tersedia: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2024-2025/06-Algoritma-Greedy-\(2025\)-Bag3.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2024-2025/06-Algoritma-Greedy-(2025)-Bag3.pdf) [Diakses: 24-Juni-2025].

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 24 Juni 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Stefan' with a stylized flourish.

Stefan Matthew Susanto - 13523020