Optimasi Rute Pendistribusian Paket Makan Bergizi Gratis Menggunakan Algoritma Dijkstra Berbasis Web

Selli Marlina[1], Surya Ade Saputera[2], Agung Kharisma Hidayah[3], Marhalim[4]

[1]sellimarlina904@gmail.com, [2]adesurya2012@gmail.com, [3]kharisma@umb.ac.id , [4]marhalim@umb.ac.id

Abstract—The Free Nutritious Meals (MBG) Program is a government initiative that supports students' nutritional needs through periodic meal distribution to participating schools. At the Teluk Segara Berkas Nutrition Service Unit (SPPG), distribution routes are manually determined based on drivers' experience, leading to longer travel distances, increased operational time, and higher fuel consumption. This study designed a web-based MBG distribution system using Dijkstra's algorithm to determine the shortest visit sequence for each distribution run. The system was developed with the Waterfall method using Python, Flask, SQLite, Leaflet, and OpenStreetMap for route visualization. It also estimates operational time, including travel and service time, fuel consumption, and distribution costs. The optimized route reached 7.390 km, compared with 14.715 km for manual planning, reducing travel distance by 49.8%. Black-box testing across eight functional scenarios confirmed that all system features operated successfully.

Intisari— Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan program pemerintah untuk mendukung pemenuhan gizi siswa melalui distribusi makanan secara berkala ke sekolah. Di Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Teluk Segara Berkas, penentuan rute distribusi masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman pengemudi sehingga menyebabkan jarak tempuh lebih panjang, waktu operasional lebih lama, dan konsumsi bahan bakar meningkat. Penelitian ini merancang sistem distribusi MBG berbasis web menggunakan algoritma Dijkstra untuk menentukan urutan kunjungan berdasarkan rute terpendek pada setiap distribusi. Sistem dikembangkan dengan metode Waterfall menggunakan Python, Flask, SQLite, Leaflet, dan OpenStreetMap. Sistem juga menghitung estimasi waktu operasional, konsumsi bahan bakar, dan biaya distribusi. Hasil penelitian menunjukkan rute optimal sepanjang 7,390 km, lebih pendek dibandingkan rute manual 14,715 km, sehingga mengurangi jarak tempuh sebesar 49,8%. Pengujian black-box pada delapan skenario menunjukkan seluruh fitur berfungsi dengan baik.

Kata Kunci— Rute terpendek, Sistem berbasis web, Optimasi rute, leaflet, OpenStreetMap

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan pengaruh besar pada berbagai sektor, termasuk logistik dan pendistribusian barang [1]. Pemanfaatan komputasi untuk menentukan rute perjalanan kini banyak digunakan untuk mendukung proses yang sebelumnya hanya mengandalkan pengalaman pengemudi [2]. Penentuan rute distribusi menjadi aspek penting karena berkaitan langsung dengan jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar kendaraan [3]. Perkembangan teknologi geospasial turut mendorong pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan peta digital untuk memvisualisasikan informasi lokasi maupun rute perjalanan secara lebih mudah dipahami pengguna [4] .

Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Teluk Segara Berkas merupakan salah satu penyelenggara pendistribusian paket Makan Bergizi Gratis (MBG) secara rutin ke sekolah-sekolah penerima manfaat. Berdasarkan hasil observasi, proses penentuan rute distribusi pada SPPG tersebut masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman pengemudi. Kondisi ini menimbulkan beberapa kendala, antara lain pemilihan jalur yang kurang efisien, waktu tempuh yang lebih panjang, peningkatan konsumsi bahan bakar, serta belum tersedianya sistem yang dapat mengelola data penerima, jadwal, dan rute distribusi secara terintegrasi.

Algoritma Dijkstra merupakan salah satu algoritma pencarian jalur terpendek yang telah banyak diterapkan pada berbagai sistem distribusi untuk menentukan lintasan dengan total bobot minimum pada suatu graf berbobot [5][6][7][8]. Algoritma ini bekerja dengan memperbarui (merelaksasi) nilai jarak sementara suatu simpul apabila ditemukan jalur yang lebih pendek melaluinya, hingga seluruh simpul tujuan memperoleh lintasan terpendek.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah memanfaatkan algoritma Dijkstra untuk menangani persoalan pencarian rute pada berbagai bidang. Kusnanto dan Handoko [5] menggunakan algoritma tersebut dalam pencarian jalur menuju lokasi wisata kuliner. Wardani dkk. [6] menerapkannya untuk mendukung penentuan rute pada kegiatan distribusi logistik komersial. Sementara itu, Fayaqun [7] mengkaji penerapan algoritma Dijkstra dalam penyaluran paket permakanan bagi kelompok lansia dan penyandang disabilitas. Penelitian lainnya oleh Putu dkk [8] membahas penggunaan algoritma tersebut pada proses distribusi produk Greenfields Fresh Milk. Hasil dari berbagai penelitian tersebut memperlihatkan bahwa algoritma Dijkstra dapat diterapkan untuk membantu proses pencarian rute berdasarkan bobot jarak pada beragam kebutuhan distribusi.

Meskipun telah digunakan dalam berbagai bidang, penerapan algoritma Dijkstra pada proses pendistribusian paket MBG di lingkungan SPPG masih memiliki peluang untuk dikembangkan. Kegiatan distribusi MBG melibatkan sejumlah sekolah sebagai lokasi penerima yang harus dikunjungi dari satu titik keberangkatan. Kondisi tersebut tidak hanya membutuhkan perhitungan jarak antarlokasi, tetapi juga memerlukan penyusunan urutan kunjungan agar proses pengiriman dapat berlangsung secara terencana. Di samping itu, informasi mengenai perkiraan waktu perjalanan, kebutuhan

bahan bakar, dan biaya operasional dapat menjadi pertimbangan dalam pelaksanaan distribusi. Oleh sebab itu, penelitian ini mengembangkan penerapan algoritma Dijkstra secara berulang dengan pendekatan pemilihan lokasi terdekat untuk membantu menentukan urutan kunjungan pada pendistribusian paket MBG di SPPG Teluk Segara Berkas.

Adapun aspek kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penggabungan penerapan algoritma Dijkstra secara iteratif dengan perhitungan kebutuhan operasional distribusi paket MBG dalam sebuah sistem berbasis web. Sistem yang dibangun tidak hanya digunakan untuk membantu menentukan urutan kunjungan sekolah berdasarkan jarak, tetapi juga menyediakan informasi perkiraan waktu operasional, konsumsi bahan bakar, dan biaya distribusi. Pengembangan sistem memanfaatkan Python dan Flask sebagai teknologi pemrograman, SQLite untuk pengelolaan basis data, serta Leaflet dan OpenStreetMap sebagai media visualisasi lokasi dan jalur distribusi. Sistem juga dilengkapi dengan fitur pengelolaan data penerima, penyusunan jadwal, serta pemantauan status pengiriman oleh admin dan pengemudi. Kinerja rute yang dihasilkan selanjutnya dianalisis melalui perbandingan dengan skenario distribusi tanpa optimasi untuk mengetahui perubahan jarak tempuh yang diperoleh.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem optimasi rute pendistribusian paket Makan Bergizi Gratis menggunakan algoritma Dijkstra berbasis web pada SPPG Teluk Segara Berkas. Pengembangan sistem ini diharapkan dapat membantu menentukan urutan kunjungan ke lokasi penerima, menyajikan informasi perkiraan kebutuhan operasional, serta mendukung pengelolaan dan pemantauan kegiatan distribusi agar menjadi lebih terstruktur.

II. KAJIAN LITERATUR

A. *Optimasi Rute Pendistribusian*

Optimasi rute merupakan upaya menentukan jalur perjalanan yang efisien berdasarkan kriteria tertentu, seperti jarak tempuh, waktu perjalanan, dan biaya operasional. Dalam pendistribusian paket Makan Bergizi Gratis (MBG), optimasi rute diperlukan untuk membantu proses pengiriman ke sejumlah sekolah tujuan agar berjalan lebih efektif. Penentuan rute yang tepat dapat mendukung pengurangan jarak perjalanan, waktu operasional, serta konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, diperlukan algoritma pencarian rute yang mampu memanfaatkan informasi jarak antar lokasi sebagai dasar penentuan jalur distribusi

B. *Algoritma Dijkstra dalam Penentuan Rute*

Algoritma Dijkstra merupakan algoritma pencarian jalur terpendek pada graf berbobot dengan nilai bobot nonnegatif. Dalam penerapannya, lokasi direpresentasikan sebagai simpul (*node*), sedangkan jalur yang menghubungkan lokasi direpresentasikan sebagai sisi (*edge*) dengan bobot berupa jarak. Algoritma ini menentukan jarak minimum dari simpul awal menuju simpul tujuan melalui proses pembaruan jarak hingga diperoleh jalur terpendek. Kusnanto dan Handoko [5] menerapkan algoritma Dijkstra pada sistem berbasis peta digital dengan memanfaatkan OpenStreetMap untuk menentukan jarak terdekat menuju lokasi wisata kuliner. Penentuan Urutan Kunjungan dan Estimasi Waktu Operasional

Penentuan rute distribusi yang melibatkan banyak lokasi membutuhkan pertimbangan tidak hanya terhadap jarak antar lokasi, tetapi juga terhadap urutan kunjungan ke setiap titik tujuan. Algoritma Dijkstra secara konvensional digunakan untuk mencari jalur terpendek antara simpul awal dan simpul tujuan. Dalam penelitian ini, algoritma tersebut diterapkan secara iteratif untuk membantu menentukan urutan kunjungan ke sejumlah sekolah tujuan dalam satu perjalanan distribusi. Pendekatan ini digunakan sebagai heuristik untuk menyusun rute berdasarkan jarak, bukan sebagai jaminan bahwa urutan kunjungan yang dihasilkan merupakan solusi optimal global untuk seluruh kemungkinan rute.

Selain jarak dan waktu tempuh, waktu pelayanan (*service time*) di setiap lokasi juga perlu diperhitungkan dalam estimasi waktu operasional. Literatur mengenai *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) membahas permasalahan perutean kendaraan dengan mempertimbangkan batasan waktu pelayanan atau waktu kunjungan pada lokasi tertentu [9]. Konsep tersebut menjadi acuan dalam penelitian ini untuk memperhitungkan waktu yang diperlukan ketika kendaraan berhenti dan melakukan pelayanan di sekolah tujuan. Dengan demikian, estimasi waktu operasional mencakup waktu perjalanan antar lokasi dan akumulasi waktu pelayanan selama distribusi berlangsung.

C. Kesenjangan dan Kontribusi Penelitian

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma Dijkstra telah dimanfaatkan untuk pencarian rute pada bidang pariwisata, logistik komersial, dan distribusi bantuan sosial [5]–[8]. Namun, penelitian ini berfokus pada kebutuhan pendistribusian paket MBG di SPPG Teluk Segara Berkas dengan sejumlah sekolah sebagai titik tujuan. Permasalahan yang dikaji tidak hanya berkaitan dengan pencarian jalur terpendek, tetapi juga penyusunan urutan kunjungan untuk banyak lokasi dalam satu perjalanan serta perhitungan estimasi waktu operasional yang mencakup waktu pelayanan. Aspek tersebut menjadi fokus pengembangan sistem dalam penelitian ini.

Kontribusi penelitian meliputi penerapan algoritma Dijkstra secara iteratif sebagai pendekatan heuristik untuk menyusun urutan kunjungan ke beberapa sekolah tujuan, integrasi estimasi waktu perjalanan dan waktu pelayanan, serta

perhitungan perkiraan konsumsi bahan bakar dan biaya operasional. Seluruh fungsi tersebut diimplementasikan dalam sistem berbasis web dengan visualisasi rute menggunakan Leaflet dan OpenStreetMap. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat membantu SPPG Teluk Segara Berkas dalam merencanakan distribusi paket MBG secara lebih terukur, efisien, dan mudah dipantau.

III. *METODE PENELITIAN*

A. Konsep Sistem Distribusi dan Monitoring Berbaasis Web

Sistem distribusi adalah proses pengiriman barang atau jasa dari penyedia kepadaa penerima guna memastikan bahwa pengiriman dilakukan secara terencana dan tepat sasaran [9]. Dalam praktiknya, sistem distribusi memerlukan pengelolaan rute pengiriman, penjadwalan waktu distribusi, serta kegiatan pemantauan untuk memastikan bahwa proses pengiriman berjalan secara optimal. Monitoring distribusi adalah proses pengawasan terhadap proses distribusi untuk memperoleh informasi mengenai status pengiriman, lokasi tujuan, dan jadwal distribusi secara terstruktur [10] . Dalam penelitian ini, media yang digunakan untuk menyampaikan informasi dan mengelola data adalah situs web kumpulan halaman web yang saling terhubung dan dapat diakses melalui *browser* baik melalui internet maupun jaringan lokal [11] . Ketiga konsep ini terintegrasi ke dalam sistem yang dikembangkan, sistem distribusi mendukung pengiriman paket MBG, pemantauan digunakan oleh administrator untuk melacak status distribusi, dan situs web berfungsi sebagai platform akses yang dapat digunakan baik oleh administrator maupun pengemudi untuk melaksanakan proses distribusi.

B. Metode Pengembangan Sistem

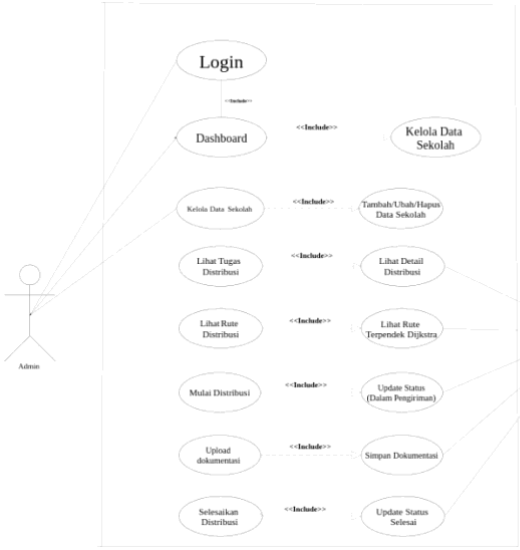
Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan metode waterfall, yang dilaksanakan melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian secara sistematis dan berurutan [13]. Metode ini dipilih karena hasil dari setiap tahap pengembangan berfungsi sebagai landasan bagi tahap berikutnya, sehingga memastikan bahwa proses pengembangan sistem dilakukan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.

Sistem ini dikembangkan sebagai aplikasi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman Python dengan kerangka kerja Flask sebagai *backend* untuk mengelola logika aplikasi, memproses data, dan menghubungkan antarmuka pengguna ke basis data. Penyimpanan data menggunakan SQLite, yang mengelola data mengenai sekolah penerima, jadwal distribusi, riwayat distribusi, dan dokumentasi pengiriman [13] . Di sisi antarmuka pengguna, sistem ini menggunakan pustaka Leaflet, yang terintegrasi dengan OpenStreetMap, untuk menampilkan lokasi sekolah dan memvisualisasikan rute distribusi secara interaktif. Selain itu, algoritma Dijkstra diterapkan dalam modul perencanaan rute untuk menghitung jalur terpendek berdasarkan grafik tertimbang yang dibentuk dari data lokasi sekolah dan titik-titik distribusi.

C. Analisis Kebutuhan

Sistem yang dikembangkan ini melibatkan dua jenis pengguna administrator dan pengemudi. Administrator memiliki hak akses untuk mengautentikasi pengguna, mengelola data sekolah penerima, memantau jadwal dan status distribusi, serta mengunduh laporan dalam format Excel. Di sisi lain, pengemudi dapat memilih lokasi tujuan, melihat urutan kunjungan beserta perkiraan waktu tempuh, mengonfirmasi kedatangan, mengunggah dokumen pengiriman, dan mengakses jadwal distribusi. Berdasarkan persyaratan fungsional, sistem ini dirancang agar dapat diakses melalui peramban web, menentukan urutan kunjungan menggunakan algoritma Dijkstra, menampilkan navigasi distribusi, menyimpan dokumen pengiriman, dan secara otomatis menghasilkan laporan distribusi. Berdasarkan persyaratan fungsional, sistem ini dirancang agar dapat diakses melalui peramban web, menentukan urutan kunjungan menggunakan algoritma Dijkstra, menampilkan navigasi distribusi, menyimpan dokumen pengiriman, dan secara otomatis menghasilkan laporan distribusi.

Interaksi antara pengguna dan sistem digambarkan dalam Diagram Kasus Penggunaan pada Gambar 1. Diagram tersebut menunjukkan bahwa administrator memiliki hak akses untuk mengautentikasi pengguna dan mengelola data untuk sekolah-sekolah penerima. Sementara itu, pengemudi dapat mengakses informasi distribusi, menjalankan proses perencanaan rute menggunakan algoritma Dijkstra, memperbarui status pengiriman, dan mengunggah dokumen pengiriman.



D. Penerapan Algoritma Dijkstra

Gambar 1. Use Case Diagram Sistem Distribusi MBG

Graf pada Algoritma Dijkstra dinyatakan sebagai G = (V, E), dengan V adalah himpunan simpul (lokasi SPPG dan sekolah tujuan) dan E adalah himpunan sisi (ruas jalan) yang menghubungkan antarsimpul, dengan bobot berupa jarak (Km).

Kondisi pembaruan nilai jarak (relaksasi sisi) dinyatakan sebagai berikut.

$$jika\ d(u) + w(u) < d(v), maka\ d(v) = d(u) + w(u)$$

dengan d(u) adalah jarak sementara dari titik awal ke simpul u, w(u,v) adalah bobot sisi langsung antara simpul u dan v, dan d(v) adalah jarak sementara menuju simpul v yang diperbarui apabila jalur melalui u lebih pendek daripada jalur yang telah diketahui sebelumnya. Pada tahap inisialisasi, jarak simpul asal ditetapkan d(A) = 0, sedangkan jarak simpul lainnya bernilai tak hingga.

Sistem ini melacak 22 lokasi, yang terdiri dari 1 lokasi SPPG Teluk Segara Berkas sebagai titik awal distribusi dan 21 sekolah tujuan. Dari jumlah tersebut, dua pasang sekolah berlokasi di tempat yang sama, sehingga pengiriman ke kedua sekolah tersebut dilakukan dalam satu kali pemberhentian. Oleh karena itu, algoritma Dijkstra menentukan rute distribusi berdasarkan 19 titik pemberhentian yang berbeda.

Karena satu rute distribusi mencakup lebih dari satu sekolah tujuan, algoritma Dijkstra diterapkan secara berulang. Proses ini dimulai dengan menghitung jarak terpendek dari lokasi saat ini ke semua sekolah yang belum dikunjungi; sekolah dengan jarak terpendek kemudian dipilih sebagai tujuan berikutnya. Selanjutnya, posisi diperbarui ke sekolah yang telah dikunjungi, dan proses ini diulangi hingga semua tujuan di rute tersebut telah dikunjungi . Semua perhitungan dilakukan secara otomatis oleh sistem sebelum perjalanan dimulai, sehingga pengemudi menerima urutan pemberhentian yang siap digunakan tanpa perlu melakukan perhitungan tambahan di lapangan.

Sebagai contoh, jika suatu rute mencakup enam sekolah tujuan dengan titik keberangkatan dari SPPG (simpul A), algoritma Dijkstra terlebih dahulu mengidentifikasi sekolah yang jaraknya paling dekat dari simpul A sebagai perhentian pertama. Selanjutnya, proses yang sama diulangi dari sekolah yang telah dikunjungi ke sekolah-sekolah lainnya hingga semua tujuan telah dikunjungi. Ilustrasi langkah-langkah ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ilustrasi Perhitungan Iteratif untuk 6 sekolah Tujuan

Tahap	Posisi Saat Ini	Tujuan Terpilih
1	A	Q(1,100)
2	Q	F(0,410)
3	F	K(0,640)
4	K	V(0,310)
5	V	N(0,381)
6	N	H(1,471)

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh urutan rute A → Q → F → K → V → N → H dengan total jarak 4,312 Km. Pola perhitungan yang sama diterapkan pada seluruh 19 sekolah tujuan untuk memperoleh rute distribusi lengkap, dengan hasil yang dibahas lebih lanjut pada bagian Hasil dan Pembahasan.

Satu kali eksekusi algoritma Dijkstra pada graf dengan (V) simpul dan (E) sisi menggunakan antrian prioritas memiliki kompleksitas waktu sebesar (O((V+E)\log V)) [14]. Karena algoritma ini dijalankan secara berulang untuk setiap tujuan yang belum dikunjungi, kompleksitas penentuan urutan kunjungan menjadi (O(n \times (V+E)\log V)), di mana (n) mewakili jumlah tujuan dalam satu rute. Pendekatan ini bersifat heuristik dan didasarkan pada prinsip tetangga terdekat, yang melibatkan pemilihan tujuan terdekat dari posisi saat ini tanpa mengevaluasi semua urutan kunjungan yang mungkin, seperti yang dilakukan dalam solusi eksak untuk Masalah Penjual Keliling (TSP). Meskipun demikian, pendekatan ini mampu menghasilkan urutan kunjungan yang baik dengan waktu komputasi yang relatif singkat, sehingga cocok untuk sistem distribusi yang memerlukan perhitungan rute sebelum perjalanan dimulai.

E. Perhitungan Estimasi Waktu dan Bahan Bakar

Selain total jarak, sistem menghitung estimasi waktu perjalanan berdasarkan total jarak hasil pencarian rute dibagi dengan kecepatan rata-rata kendaraan, sebagaimana dinyatakan

$$T = \frac{Dt(Km)}{Vr(\frac{km}{jam})} \times 60$$

T adalah estimasi waktu, Dt total jarak tempuh hasil pencarian rute dan Vr kecepatan rata rata kendaraan Menurut literatur mengenai Masalah Perutean Kendaraan dengan Jendela Waktu (VRPTW), waktu penyelesaian rute tidak hanya dipengaruhi oleh waktu tempuh antar lokasi, tetapi juga mencakup waktu pelayanan di setiap titik pemberhentian [9]. Penelitian mengenai penerapan VRPTW pada distribusi MBG di Kabupaten Langkat, yang melibatkan 13 sekolah tujuan, menunjukkan bahwa total waktu distribusi berkisar antara 101 hingga 118 menit, atau rata-rata 7,8 hingga 9 menit per perhentian . Berdasarkan temuan ini, sistem ini memasukkan komponen waktu pelayanan ke dalam perhitungan perkiraan waktu operasional, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (3), dengan nilai-nilai yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan distribusi.

Diatur pengguna (contoh 3-5 menit per titik sebagai nilai awal untuk proses serah terima paket di sekolah).

$$Tp = Nt \times tp$$

Dengan Tp merupakan total waktu pelayanan, Nt jumlah titik distribusi yang dikunjungi lalu dikalikan dengan tp waktu pelayanan pada setiap titik. Total waktu operasional kemudian dihitung dengan menjumlahkan waktu tempuh dan waktu pelayanan, sebagaimana persamaan

$$To = T + Tp$$

Dengan To total waktu operasional dan T adalah estimasi waktu tempuh perjalanan(menit) dengan Tp adalah total waktu pelayanan. Estimasi konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan perbandingan jarak tempuh terhadap rasio konsumsi bahan bakar kendaraan, dengan asumsi konsumsi kendaraan sebesar 12 Km/liter [3], dikalikan harga bahan bakar per liter [14].

$$B = \frac{Dt}{Kk}$$

Dengan B merupakan estimasi konsumsi bahan bakar, Dt total jarak tempuh hasil pencarian rute dan Kk konsumsi rata-rata kendaraan

Sebagai ilustrasi penerapan persamaan (2) hingga (5), pada rute dengan total jarak tempuh 7,390 Km dan asumsi kecepatan rata-rata kendaraan 30 Km/jam, diperoleh estimasi waktu tempuh sebesar (7,390/30) × 60 menit ≈ 14,8 menit. Dengan 19 titik pemberhentian dan waktu pelayanan awal 4 menit per titik, waktu pelayanan total menjadi 19 × 4 = 76 menit, sehingga total waktu operasional diperkirakan sebesar 14,8 + 76 ≈ 90,8 menit. Untuk estimasi bahan bakar, dengan asumsi konsumsi kendaraan 12 Km/liter, diperoleh kebutuhan bahan bakar sebesar 7,390/12 ≈ 0,616 liter; apabila harga bahan bakar diasumsikan Rp10.000/liter, maka estimasi biaya bahan bakar untuk satu kali rute distribusi adalah sekitar Rp6.160. Nilai kecepatan rata-rata, waktu pelayanan per titik, dan harga bahan bakar bersifat dapat disesuaikan (parameterized) oleh admin melalui sistem, sehingga estimasi dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.

F. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black box testing terhadap 8 skenario fungsi utama, meliputi proses login, akses dashboard, navigasi driver, pengelolaan jadwal distribusi, pengelolaan data penerima pada akses admin maupun driver, serta proses logout, tanpa memperhatikan struktur kode program yang digunakan.

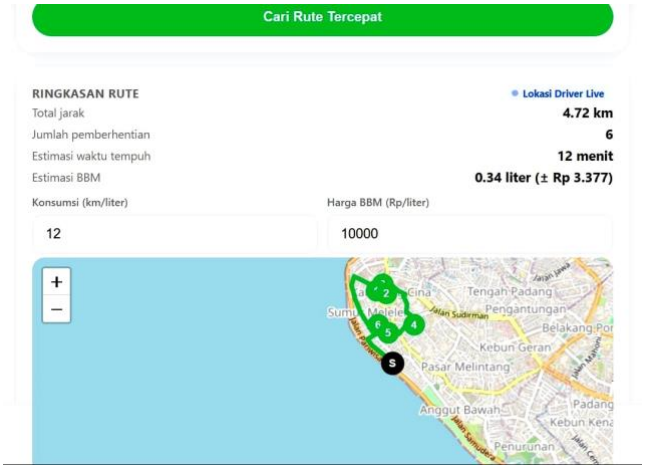
Setiap skenario pengujian dirancang dengan mendefinisikan data masukan, langkah pengujian, hasil yang diharapkan, serta hasil aktual yang diperoleh sistem. Suatu skenario dinyatakan valid apabila hasil aktual sesuai dengan hasil yang diharapkan, dan dinyatakan tidak valid apabila terdapat penyimpangan, baik berupa kegagalan fungsi maupun pesan kesalahan yang tidak sesuai. Selain skenario dengan data masukan yang benar (skenario positif), pengujian juga mencakup skenario dengan data masukan yang tidak sesuai (skenario negatif), seperti pengisian username atau password yang salah pada proses login, untuk memastikan sistem mampu menangani kesalahan masukan dengan baik.

IV. *HASIL DAN PEMBAHASAN*

A. *Implementasi Sistem*

Sistem distribusi paket Makan Bergizi Gratis (MBG) berbasis web berhasil dikembangkan dengan dua hak akses pengguna, yaitu admin dan driver. Admin bertugas mengelola data sekolah penerima, mengatur jadwal, menentukan rute distribusi, serta memantau proses pengiriman. Sementara itu, driver dapat mengakses rute yang telah ditentukan oleh admin dan memanfaatkan fitur navigasi sebagai panduan perjalanan menuju setiap sekolah tujuan, sehingga memudahkan driver mengikuti jalur distribusi dan mengetahui lokasi pemberhentian berikutnya.

Admin memiliki halaman dashboard sebagai pusat pengelolaan sistem, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Halaman ini menampilkan ringkasan aktivitas distribusi serta menyediakan akses ke berbagai fitur, meliputi pengelolaan data sekolah, penjadwalan, penentuan rute, dan pemantauan driver. Dengan adanya dashboard, admin dapat mengelola kegiatan distribusi melalui satu halaman secara lebih praktis dan terstruktur.



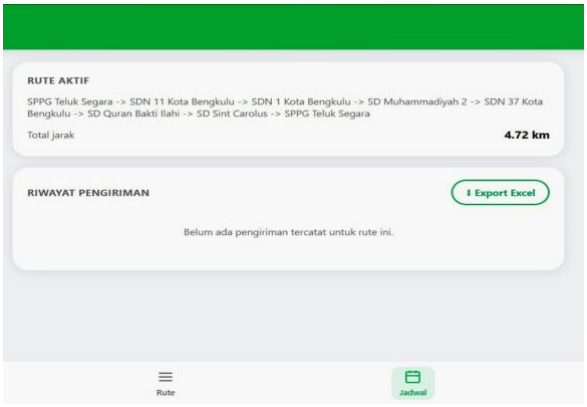
Gambar 2. Tampilan Peta Navigasi dan Informasi Rute Distribusi

Selain halaman rute driver dan dashboard admin, sistem juga menyediakan halaman pengelolaan data sekolah penerima yang memungkinkan admin menambah, mengubah, dan menghapus data sekolah beserta koordinat lokasinya, halaman penjadwalan distribusi untuk menentukan tanggal dan rute pengiriman, serta halaman unduh laporan distribusi dalam format PDF dan Excel yang memuat rekapitulasi rute, jarak tempuh, estimasi waktu, dan estimasi biaya bahan bakar pada periode tertentu. Pada sisi driver, selain halaman navigasi rute, tersedia pula halaman konfirmasi kedatangan yang memungkinkan driver menandai status pengiriman di setiap sekolah serta mengunggah dokumentasi foto sebagai bukti serah terima paket.

Selain mendukung pengelolaan data dan penentuan rute, sistem yang dikembangkan juga mengintegrasikan proses perencanaan dan pelaksanaan distribusi dalam satu platform berbasis web. Integrasi tersebut memungkinkan informasi

mengenai sekolah penerima, jadwal pengiriman, urutan kunjungan, hingga status pengiriman dapat dikelola secara terpusat. Dengan demikian, admin memiliki kemudahan dalam mempersiapkan kegiatan distribusi sebelum keberangkatan, sedangkan driver memperoleh informasi tujuan dan panduan navigasi yang telah disusun berdasarkan hasil perhitungan algoritma.

Keberadaan fitur konfirmasi kedatangan dan dokumentasi foto



Gambar 3. Tampilan Halaman Unduh Laporan

juga memberikan dukungan terhadap proses pengawasan distribusi. Setiap sekolah yang telah menerima paket dapat ditandai status pengirimannya, sehingga admin dapat mengetahui perkembangan pelaksanaan distribusi tanpa harus melakukan konfirmasi secara langsung kepada driver untuk setiap pemberhentian. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu penentuan rute, tetapi juga mendukung pencatatan dan pemantauan aktivitas distribusi secara digital.

B. *Hasil Penerapan Algoritma Dijkstra*

Dengan menerapkan alur algoritma pada subbab 2.4 secara berulang untuk 19 sekolah tujuan, sistem memperoleh urutan rute distribusi A-B-D-H-K-J-V-L-T-F-P-Q-R-U-N-C-O-S-M-G dengan total jarak tempuh keseluruhan sebesar 7,390 Km. Tabel 2 menyajikan tahapan kunjungan beserta jarak segmen an jarak kumulatif yang diperoleh dari hasil perhitungan sistem. Perlu dijelaskan bahwa penerapan Algoritma Dijkstra pada penelitian ini dilakukan secara iteratif dengan strategi pemilihan tujuan terdekat (nearest neighbor). Dijkstra digunakan untuk memperoleh jarak terpendek dari posisi kendaraan saat ini menuju setiap sekolah yang belum dikunjungi, sedangkan strategi nearest neighbor digunakan untuk menentukan sekolah berikutnya berdasarkan nilai jarak terkecil yang diperoleh. Dengan mekanisme tersebut, proses penentuan rute dilakukan secara bertahap hingga seluruh sekolah tujuan dikunjungi.

Tabel 2 Perhitungan Algoritma Dijkstra

Segmen	Jarak Segmen (Km)	Jarak Kumulatif
A-B	0,700	0,700
B-D	0,300	1,000
D-H	0,260	1,260
H-K	0,800	2,060
K-J	0,180	2,240
J-V	0,130	2,370
V-L	0,100	2,470
L-T	0,250	2,720
T-F	0,450	3,170
F-P	0,150	3,320
P-Q	0,340	3,660
Q-R	0,200	3,860
R-U	0,450	4,310
U-N	0,0311	4,341
N-C	0,074	4,415
C-O	0,350	4,765
O-S	1,065	5,830
S-M	1,110	6,940
M-G	0,450	7,390

Setiap tahap pada Tabel 2 diperoleh melalui proses relaksasi sisi dari posisi terkini menuju seluruh sekolah yang belum dikunjungi, kemudian memilih sekolah dengan jarak terkecil sebagai pemberhentian berikutnya, sesuai dengan alur iteratif yang dijelaskan pada subbab 2.4.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa proses pemilihan sekolah tujuan dilakukan secara bertahap berdasarkan jarak terpendek dari posisi terakhir kendaraan. Pada setiap iterasi, sistem membandingkan jarak menuju sekolah-sekolah yang belum dikunjungi, kemudian menentukan titik dengan nilai jarak paling kecil sebagai tujuan berikutnya. Setelah titik tujuan dipilih, posisi awal perhitungan diperbarui ke titik tersebut dan proses yang sama dilakukan hingga seluruh sekolah berhasil dikunjungi.

Penerapan mekanisme tersebut memberikan gambaran bahwa penentuan rute tidak hanya didasarkan pada kedekatan sekolah terhadap lokasi awal SPPG, tetapi juga mempertimbangkan perubahan posisi kendaraan setelah menyelesaikan setiap pemberhentian. Dengan demikian, urutan kunjungan yang dihasilkan bersifat dinamis mengikuti posisi terakhir kendaraan. Hasil akhir berupa total jarak 7,390 Km menunjukkan akumulasi seluruh segmen perjalanan dari titik awal hingga titik tujuan terakhir, bukan hanya jarak antara SPPG dengan masing-masing sekolah secara terpisah.

Dalam konteks distribusi paket MBG, pendekatan ini membantu menyusun urutan kunjungan yang lebih terarah

ketika kendaraan harus melayani sejumlah sekolah dalam satu kali perjalanan. Semakin banyak titik tujuan yang harus dikunjungi, semakin penting penyusunan urutan perjalanan agar kendaraan tidak melakukan perpindahan antarlokasi secara tidak terarah. Oleh karena itu, penerapan Dijkstra secara iteratif pada penelitian ini menjadi pendekatan untuk membantu menentukan urutan distribusi berdasarkan jarak terpendek pada setiap tahap perjalanan.

C. *Perbandingan dengan Metode Manual*

Sebagai pembanding, dihitung pula total jarak tempuh apabila ke-19 sekolah dikunjungi berdasarkan urutan alfabetis tanpa optimasi rute, dengan jarak antar pemberhentian tetap dihitung menggunakan jarak jalan terpendek (Dijkstra point-to-point) agar perbandingan tetap adil dari segi cara pengukuran jarak. Hasil perhitungan menunjukkan total jarak tempuh metode manual sebesar 14,715 Km, lebih panjang dibandingkan rute hasil sistem sebesar 7,390 Km, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Rute Sistem dan Rute Manual

Metode	Urutan Rute
Sistem Dijkstra	A-B-D-H-K-J-V-L-T-F-P-Q-R-U-N-C-O-S-M-G
Manual	A-B-C-D-F-G-H-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-T-U-V

Tingkat efisiensi jarak tempuh dihitung menggunakan persamaan (7).

$$Efisiensi = ((Jarak\ manual - Jarak\ sistem) / Jarak\ manual) \times 100\% \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh efisiensi sebesar ((14,715 − 7,390) / 14,715) × 100% = 49,8%. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan Algoritma Dijkstra secara iteratif pada sistem mampu menghasilkan rute distribusi yang jauh lebih efisien dibandingkan urutan kunjungan tanpa optimasi, khususnya pada kasus dengan jumlah sekolah tujuan yang banyak seperti pada SPPG Teluk Segara Berkas.

Untuk memperkuat pembahasan, hasil efisiensi pada penelitian ini dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang juga menerapkan Algoritma Dijkstra pada konteks distribusi, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Efisiensi dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Studi Kasus
Wardani dkk	Logistik Komersial
Putu dkk	Distribusi green field fresh milk
Penelitian ini	Distribusi paket MBG SPPG Teluk Segara Berkas

Perbedaan besaran efisiensi pada Tabel 4 dipengaruhi oleh karakteristik graf lokasi, jumlah titik tujuan, serta pola sebaran sekolah pada masing-masing studi kasus. Pada penelitian ini, banyaknya titik tujuan (19 titik) yang tersebar dengan pola jalan tidak selalu berurutan secara alfabetis menyebabkan rute manual (berbasis urutan input) menghasilkan jarak tempuh yang jauh lebih panjang dibandingkan rute hasil optimasi, sehingga selisih efisiensi yang diperoleh relatif lebih besar dibandingkan studi kasus dengan jumlah titik tujuan yang lebih sedikit. Perlu dicatat bahwa perbandingan pada penelitian ini dilakukan terhadap rute manual berdasarkan urutan alfabetis sebagai representasi pendekatan berbasis pengalaman/tanpa optimasi, bukan terhadap solusi optimal Travelling Salesman Problem (TSP) secara eksak, sehingga nilai efisiensi 49,8% yang diperoleh merepresentasikan potensi perbaikan minimum dibandingkan praktik penentuan rute yang selama ini berjalan, bukan batas atas efisiensi yang dapat dicapai. Dari sisi performa, waktu komputasi yang dibutuhkan sistem untuk memperoleh urutan rute lengkap untuk 19 titik tujuan tercatat kurang dari satu detik pada perangkat pengujian, sehingga tidak menjadi kendala berarti dalam penggunaan sistem secara operasional sebelum keberangkatan driver.

Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa urutan kunjungan memiliki pengaruh terhadap total jarak perjalanan yang harus ditempuh kendaraan. Pada metode manual, urutan sekolah ditentukan berdasarkan susunan alfabetis sehingga tidak mempertimbangkan kedekatan geografis antarlokasi. Akibatnya, kendaraan berpotensi melakukan perpindahan dari satu wilayah ke wilayah lain tanpa memperhatikan posisi sekolah yang sebenarnya berdekatan.

Sebaliknya, pendekatan iteratif pada sistem memungkinkan pemilihan tujuan berikutnya berdasarkan jarak terpendek dari posisi kendaraan saat itu. Perbedaan mekanisme tersebut menghasilkan selisih jarak sebesar 7,325 Km antara kedua metode. Dengan kata lain, dari total jarak yang seharusnya ditempuh menggunakan urutan manual sebesar 14,715 Km, sistem menghasilkan rute dengan jarak tempuh 7,390 Km.

Hasil ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan informasi lokasi dan perhitungan jarak dalam proses penentuan rute dapat memberikan kontribusi terhadap pengurangan perjalanan yang tidak diperlukan. Meskipun demikian, nilai efisiensi yang diperoleh tidak dapat langsung diartikan sebagai penghematan bahan bakar atau biaya operasional dengan persentase yang sama, karena konsumsi bahan bakar juga dipengaruhi oleh kondisi kendaraan, kecepatan, kemacetan, dan karakteristik jalan. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini lebih tepat menunjukkan peningkatan dari aspek jarak tempuh berdasarkan perbandingan terhadap rute manual yang digunakan sebagai dasar evaluasi.

D. *Hasil Pengujian Sistem*

Pengujian black box terhadap 8 skenario fungsi utama sistem, meliputi login, dashboard, navigasi driver, jadwal distribusi, pengelolaan data penerima pada akses admin maupun driver, serta logout, menunjukkan bahwa seluruh skenario berjalan

valid sesuai dengan hasil yang diharapkan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Black Box Testing

Fitur	Skenario Pengujian
Login	Masukkan Username dan password
Dashboard	Akses halaman dashboard
Navigasi driver	Memilih tujuan sekolah pengiriman
Jadwal	Membuka halaman jadwal distribusi
Data Penerima(Admin)	Mengelola data sekolah penerima
Tambah Data Penerima	Menambahkan data sekolah baru
Data Penerima (Driver)	Melihat data penerima (read-only)
Logout	Menekan tombol logout

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem, mulai dari autentikasi hingga pengelolaan data dan navigasi distribusi, telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang dirumuskan pada tahap analisis, sehingga sistem layak digunakan untuk mendukung proses pendistribusian paket MBG di SPPG Teluk Segara Berkas.

Keberhasilan seluruh skenario pengujian menunjukkan bahwa setiap fungsi utama sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional yang dirancang pada tahap pengembangan. Pembagian hak akses antara admin dan driver juga memastikan bahwa setiap pengguna memperoleh fasilitas sesuai dengan tanggung jawabnya. Admin memiliki kewenangan untuk melakukan pengelolaan dan perubahan data, sedangkan driver memperoleh akses terhadap informasi distribusi dan pencatatan status pengiriman.

Selain itu, keberhasilan pengujian pada fitur navigasi menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan informasi rute yang diperlukan driver selama proses pengiriman. Sementara itu, fitur konfirmasi kedatangan dan dokumentasi mendukung pencatatan aktivitas distribusi pada setiap sekolah tujuan. Dengan demikian, hasil pengujian tidak hanya menunjukkan bahwa sistem dapat dijalankan secara teknis, tetapi juga memperlihatkan kesesuaian fungsi sistem dengan alur kerja distribusi paket MBG di SPPG Teluk Segara Berkas.

E. *Implikasi dan Keterbatasan Penelitian*

Dari sisi praktis, penerapan sistem ini pada SPPG Teluk Segara Berkas berpotensi memberikan penghematan jarak tempuh sebesar 7,325 Km (selisih 14,715 Km dan 7,390 Km) untuk setiap kali distribusi ke 19 sekolah tujuan. Apabila distribusi dilakukan secara rutin setiap hari kerja, penghematan ini dapat terakumulasi secara signifikan dalam sebulan, baik dari sisi konsumsi bahan bakar maupun waktu kerja driver, sehingga anggaran operasional distribusi dapat dialokasikan lebih efisien.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, jarak antar titik yang digunakan bersifat statis dan belum mempertimbangkan kondisi lalu lintas atau kondisi jalan secara real-time, sehingga estimasi waktu tempuh dapat berbeda dengan kondisi aktual di lapangan. Kedua, sistem hanya mempertimbangkan satu kendaraan dalam satu kali perjalanan (single-vehicle routing) dan belum menerapkan batasan kapasitas kendaraan (vehicle capacity constraint) maupun jendela waktu layanan (time windows) secara eksplisit sebagaimana pada formulasi lengkap Vehicle Routing Problem (VRP). Ketiga, pendekatan iteratif yang diterapkan merupakan solusi heuristik yang tidak menjamin diperolehnya rute dengan jarak total paling minimum secara global. Keterbatasan-keterbatasan ini menjadi peluang pengembangan pada penelitian selanjutnya.

Selain pengurangan jarak tempuh, penerapan sistem ini juga memberikan implikasi terhadap pengelolaan kegiatan distribusi di SPPG Teluk Segara Berkas. Informasi rute yang tersusun secara sistematis dapat membantu admin dalam melakukan perencanaan sebelum kendaraan diberangkatkan, sekaligus memberikan panduan perjalanan yang lebih jelas kepada driver. Penggunaan fitur pemantauan dan konfirmasi kedatangan juga memungkinkan proses pengiriman terdokumentasi dengan lebih baik, sehingga informasi mengenai sekolah yang telah menerima paket dan sekolah yang belum menerima paket dapat diketahui melalui sistem.

Dari aspek pengelolaan data, penggunaan sistem berbasis web memungkinkan informasi sekolah penerima, jadwal distribusi, serta laporan perjalanan tersimpan secara terstruktur. Data tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi terhadap pelaksanaan distribusi pada periode berikutnya. Dengan demikian, manfaat sistem tidak hanya terbatas pada penentuan urutan rute, tetapi juga mencakup dukungan terhadap administrasi, pengawasan, dan evaluasi kegiatan distribusi MBG.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Sistem Pendistribusian Paket Makan Bergizi Gratis menggunakan Algoritma Dijkstra berbasis web berhasil dirancang dan diimplementasikan pada SPPG Teluk Segara Berkas. Algoritma Dijkstra yang diterapkan secara iteratif mampu menentukan urutan kunjungan ke 19 titik pemberhentian sekolah dengan total jarak tempuh 7,390 Km, lebih pendek dibandingkan rute manual sebesar 14,715 Km, sehingga diperoleh efisiensi jarak tempuh sebesar 49,8%. Sistem juga menyediakan estimasi waktu operasional yang mencakup waktu tempuh dan waktu pelayanan di setiap titik pemberhentian, serta estimasi konsumsi dan biaya bahan bakar, sehingga informasi yang diperoleh driver dan admin lebih sesuai dengan kondisi distribusi yang sebenarnya di lapangan. Pengujian black box terhadap 8 skenario fungsi utama menunjukkan seluruh fungsi berjalan valid, sehingga sistem ini terbukti mampu membantu proses pendistribusian Paket MBG di SPPG Teluk Segara

Berkas menjadi lebih terstruktur, efektif, dan efisien. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan integrasi Google Maps API untuk navigasi real-time, pengembangan aplikasi mobile bagi driver, serta perbandingan dengan metode optimasi rute lain sebagai bahan evaluasi lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Teluk Segara Berkas atas izin dan dukungan data yang diberikan selama penelitian ini dilaksanakan.

BIOGRAFI PENULIS

Selli Marlina lahir di Sijunjung pada 24 Maret 2004, penulis menempuh pendidikan Dasar di SD Negeri 17 Air Amo, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 44 Sijunjung, dan pendidikan menengah atas di MA Negeri 01 Sijunjung. Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan Strata 1(S1) pada Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

REFERENSI

[1] F. Cuandra, H. Suandri, E. Y. Putra, R. Fahlevi, and R. Artikel, "DAMPAK INOVASI TEKNOLOGI DALAM LOGISTIK INTERNASIONAL," 2025. [Online]. Available: https://journal.stiem.ac.id/index.php/jureq

[2] N. F. Lakutu, S. L. Mahmud, M. R. Katili, and N. I. Yahya, "Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Untuk Optimasi Rute Pengiriman Barang Pada Kantor Pos Gorontalo," *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 55–65, Jun. 2023, doi: 10.34312/euler.v11i1.18244.

[3] S. Pangesty, A. Budiharjo, and P. Rusmandani, "Pengaruh Kecepatan Kendaraan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak di Jalan Tol," vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.31849/siklus.v7i1.4908.

[4] A. Holdi, M. A. Irwansyah, and H. Novriando, "Aplikasi WebGis Fasilitas Umum Menggunakan Library Leaflet dan OpenStreetMap," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (Justin)*, vol. 9, no. 3, p. 334, Aug. 2021, doi: 10.26418/justin.v9i3.44442.

[5] R. Kusnanto and K. Handoko, "PENENTUAN JARAK TERDEKAT WISATA KULINER MENGGUNAKAN ALGORITMA DI JKSTRA," *JURNAL COMASIE*, 2021.

[6] I. K. Wardani, K. S. Pambudi, L. R. Nursanti, and W. Sutopo, "Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Djikstra," *Spektrum Industri*, vol. 18, no. 1, p. 1, May 2020, doi: 10.12928/si.v18i1.10807.

[7] R. Fayaqun, "Penerapan Algoritma Dijkstra dalam Pendistribusian Paket Permakanan Bagi Lansia Tunggal dan Penyandang Disabilitas Tunggal di Kelurahan Klampok Kota Blitar," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 3, pp. 1867–1873, Jul. 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i3.31984.

[8] N. Putu *et al.*, "IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA UNTUK MENENTUKAN JALUR TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN GREEN FIELD FRESH MILK," 2025.

[9] J. Suwarno and Ramadhan, "IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) PADA MANAJEMEN RUTE PENGIRIMAN BARANG," 2025. [Online]. Available: https://mypublikasi.com/

[10] M. R. Fahlevvi, D. Manurung, and A. Arif, "Digitalisasi Pelayanan Sosial Melalui SI-SINTAL: Studi Implementasi Sistem Informasi Kesejahteraan Sosial di Kota Banjarmasin," 2025.

[11] T. Siti, M. Lestari, and S. M. Jaya, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI BERBASIS WEB MELALUI WHATSAPP GATEWAY STUDI KASUS SEKOLAH LUAR BIASA-BC NURANI," 2021. [Online]. Available: http://jurnal.unnur.ac.id/index.php/jurnalfiki

[12] M. Usnaini, V. Yasin, and A. Z. Sianipar, "Perancangan sistem informasi inventarisasi aset berbasis web menggunakan metode waterfall," *Jurnal Manajamen Informatika Jayakarta*, vol. 1, no. 1, p. 36, Feb. 2021, doi: 10.52362/jmijayakarta.v1i1.415.

[13] F. A. Nugraha and Y. A. Susetyo, "ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA DATABASE DUCKDB DAN SQLITE PADA PENGOLAHAN BIG DATA," *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 8, no. 3, pp. 1052–1060, Aug. 2023, doi: 10.29100/jipi.v8i3.4032.

[14] AstraOtoshop.com, "Cara Menghitung Konsumsi BBM Kendaraan Berdasarkan Jarak."