

Optimasi Rute Wisata Alam Minahasa Menggunakan Algoritma Dijkstra pada Sistem Informasi Geografis Berbasis Web

¹Clara A. Tombi Mongan, ²Glenn D.P Maramis

^{1*,2}Teknik Informatika/Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Tondano, Indonesia

*Korespondensi: 23210037@unima.ac.id

Submit : 22 April 2026 | Diterima : 14 Mei 2026 | Terbit : 20 Mei 2026

ABSTRACT

Minahasa Regency holds massive natural tourism potential, including mountains, lakes, and waterfalls. However, tourist visits are still hindered by the lack of access to digital information regarding effective travel routes. This research aims to integrate web-based Geographic Information System (GIS) technology as an interactive platform to map natural tourist attractions in Minahasa. The novelty of this system lies in the use of Dijkstra's Algorithm as a route calculation tool, which is capable of directly determining the shortest path by accurately comparing the weight of distances between road points. The system development method uses the Waterfall model, which includes analysis, design, implementation, and testing. This system is developed using PHP Native and a MySQL database, with spatial visualization that integrates LeafletJS to display an informative interactive map. The coordinates and road network used were obtained through field observations to ensure the accuracy of the spatial information. The results of the study show that the application of Dijkstra's algorithm successfully provides a reliable navigation solution with a high level of accuracy compared to the existing reference data. System performance testing demonstrated highly responsive computational efficiency, with an average response time of less than 100 milliseconds. This platform is expected to not only serve as an efficient digital travel assistant for tourists but also as a modern tool for local governments to promote Minahasa tourism internationally. With structured data and optimal navigation, this system plays a role in enhancing the tourist experience while also supporting the digital transformation in the regional tourism industry.

Keywords: *Dijkstra's Algorithm, Minahasa Tourism, Shortest Route, Geographic Information System, Waterfall*

ABSTRAK

Kabupaten Minahasa menyimpan potensi wisata alam yang masif, mencakup pegunungan, danau, dan air terjun. Namun, kunjungan wisatawan masih terkendala oleh kurangnya akses informasi digital mengenai rute perjalanan yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web sebagai platform interaktif untuk memetakan tempat wisata alam di Minahasa. Kebaruan (*novelty*) dari sistem ini terletak pada penggunaan Algoritma Dijkstra sebagai alat perhitungan rute, yang mampu menentukan jalan terpendek secara langsung dengan membandingkan bobot jarak antar titik jalan dengan akurat. Metode pengembangan sistem ini menggunakan model *Waterfall*, yang mencakup analisis, desain, implementasi, dan pengujian. Sistem ini dikembangkan menggunakan PHP Native dan basis data MySQL, dengan visualisasi spasial yang mengintegrasikan LeafletJS untuk menampilkan peta interaktif yang informatif. Koordinat dan jaringan jalan yang digunakan diperoleh melalui observasi lapangan untuk memastikan keakuratan informasi spasial. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma Dijkstra berhasil memberikan solusi navigasi yang dapat diandalkan dengan tingkat keakuratan yang tinggi jika dibandingkan dengan data referensi yang ada. Pengujian performa sistem membuktikan efisiensi komputasi yang sangat responsif, dengan waktu respons rata-rata kurang dari 100 milidetik. Platform ini diharapkan tidak hanya menjadi asisten digital perjalanan yang efisien untuk wisatawan, tetapi juga sebagai alat modern untuk pemerintah daerah dalam mempromosikan pariwisata Minahasa secara internasional. Dengan adanya data yang terstruktur dan navigasi yang optimal, sistem ini berperan dalam meningkatkan pengalaman wisatawan sekaligus mendukung transformasi digital dalam industri pariwisata daerah.

Kata Kunci: *Algoritma Dijkstra, Pariwisata Minahasa, Rute Terpendek, Sistem Informasi Geografis, Waterfall*

PENDAHULUAN

Sektor pariwisata adalah pondasi strategis dalam akselerasi ekonomi nasional, memberikan dampak positif bagi berbagai sektor pembangunan lainnya. Kabupaten Minahasa, yang berperan sebagai salah satu pilar pokok pariwisata di Sulawesi Utara, memiliki keunggulan yang terlihat melalui berbagai kekayaan alam, mulai dari ekosistem Danau Tondano, kawasan pegunungan, hingga potensi laut yang luas. Meskipun memiliki potensi yang besar, nilai ekonominya belum sepenuhnya terwujud karena ada kendala dalam penyebaran informasi lokasi dan visualisasi destinasi yang masih bersifat konvensional dan terbatas.

Di era transformasi digital saat ini, kemudahan akses terhadap informasi menjadi faktor penting bagi wisatawan dalam memilih tujuan perjalanan. Kebiasaan wisatawan telah berubah dari menggunakan media cetak tradisional ke pencarian informasi secara digital yang lebih cepat dan tepat. Salah satu masalah mendasar yang dihadapi di Kabupaten Minahasa adalah ketiadaan platform yang terintegrasi yang dapat menyampaikan data spasial (lokasi) dan informasi atribut (deskripsi serta fasilitas) secara bersamaan. Keadaan ini serupa dengan tantangan dalam administrasi publik lainnya di area sekitar, seperti pengelolaan Zona Nilai Tanah di Kota Tomohon yang sebelumnya masih bergantung pada dokumen tetap, sehingga mengurangi transparansi data (Maramis et al. , 2025).

Sebagai langkah untuk mengatasi masalah ini, penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web menjadi suatu kebutuhan mendesak. SIG memiliki keunggulan dibandingkan peta digital biasa, karena dapat mengelola, menganalisis, dan menampilkan data yang berhubungan dengan geografi dengan akurasi yang tinggi. Dalam pengembangannya, sistem ini mengintegrasikan Algoritma Dijkstra sebagai alat perhitungan rute utama. Algoritma ini dipilih karena efisiensinya dalam menemukan jalur terpendek pada grafik berbobot positif, yang mencerminkan jaringan jalan dan akses menuju tempat wisata (Bunaen et al. ,2022). Dengan adanya penerapan ini, pengguna tidak hanya dapat melihat lokasi wisata, tetapi juga mendapatkan rekomendasi rute terbaik berdasarkan jarak atau waktu tempuh yang dikalkulasi secara dinamis lewat antarmuka web yang responsif.

Penelitian ini menekankan pengembangan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Memetakan Destinasi Wisata Alam di Kabupaten Minahasa, dengan menggunakan Algoritma Dijkstra sebagai elemen utama dalam modul perencanaan rute. Berbeda dengan layanan peta pada umumnya yang seringkali tidak mencakup jalur akses ke destinasi alam, penelitian ini mengintegrasikan informasi tentang jaringan jalan lokal yang diperoleh dari observasi lapangan dengan Algoritma Dijkstra. Dengan cara ini, navigasi yang dihasilkan lebih relevan dengan kondisi infrastruktur yang sebenarnya di Kabupaten Minahasa. Integrasi ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah ketidakmerataan informasi dan hambatan geografis yang selama ini ada. Menggunakan arsitektur perangkat lunak yang modern, sistem ini dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang ramah, di mana setiap permintaan navigasi akan diproses secara komputasional untuk menghasilkan jalur yang paling efisien dan sesuai dengan jaringan jalan yang ada (Rufus et al. ,2024).

Lebih dari sekadar alat pemetaan, sistem ini diharapkan menjadi alat strategis bagi Pemerintah Kabupaten Minahasa, terutama Dinas Pariwisata, dalam mempromosikan tempat wisata dengan cara yang lebih profesional dan terukur. Penerapan Algoritma Dijkstra tidak hanya meningkatkan kenyamanan dan kepastian perjalanan para wisatawan, tetapi juga membantu mendistribusikan kunjungan secara lebih merata, mengurangi kepadatan di lokasi tertentu, serta membuka akses ekonomi ke destinasi wisata yang sebelumnya sulit dijangkau. Secara akademis, pengembangan ini menjadi studi yang menunjukkan bagaimana teknologi informasi dan algoritma pencarian rute dapat berkontribusi pada pelestarian alam dan pengelolaan pariwisata yang berkelanjutan melalui manajemen data yang terstruktur dan sistematis.

METODE PENELITIAN

Dalam pengembangan sistem informasi geografis ini, efisiensi alur kerja dan akurasi pencarian rute merupakan dua aspek krusial. Oleh karena itu, penelitian ini memadukan metode pengembangan perangkat lunak *Waterfall* untuk manajemen proyek dan *Algoritma Dijkstra* sebagai mesin komputasi pencarian rute terpendek.

Metode Waterfall

Pendekatan Waterfall dipilih sebagai metodologi pengembangan sistem karena sifatnya yang teratur dan terencana, sangat cocok untuk menciptakan sistem Web-GIS yang memerlukan tingkat akurasi data spasial yang tinggi sejak awal pengembangan (Bunaen et al. , 2022; Maramis et al. , 2025). Karakteristik liniernya memastikan bahwa setiap langkah, seperti penerapan Algoritma Dijkstra ke basis data, dapat diselesaikan dengan tuntas dan divalidasi akurasi sebelum beralih ke tahap implementasi antarmuka. Penerapan pendekatan ini sangat penting dalam pengelolaan data publik untuk mengurangi risiko kesalahan logika navigasi dan menjaga efisiensi sistem dengan respon waktu yang optimal (Kenap et al. , 2026; Bunaen et al. , 2022). Dalam praktiknya, Waterfall memberikan struktur yang kokoh untuk menggabungkan berbagai spesifikasi teknis ke dalam satu platform web yang responsif dan jelas bagi pengguna. Metode ini melalui lima langkah yang berurutan:

1. Analisis kebutuhan
 Pada tahap awal penelitian dilakukan observasi secara langsung dan wawancara mendalam dengan Kepala Dinas Pariwisata Kabupaten Minahasa serta pelaku industri pariwisata untuk mengidentifikasi masalah informasi, kesulitan dalam proses manual, serta kebutuhan sistem baik fungsional maupun non-fungsional, yang kemudian disusun dalam dokumen Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak (SKPL).
2. Perancangan
 Pada tahap ini menghasilkan struktur basis data MySQL yang sudah dinormalisasi (termasuk tabel admin, kategori_wisata, objek_wisata, rute_graph, dan kotak_pesan), desain antarmuka yang responsif, serta logika komputasi rute yang terintegrasi dengan Algoritma Dijkstra.
3. Implementasi
 Pada tahap ini spesifikasi diubah menjadi kode menggunakan PHP native untuk backend dan HTML/CSS/JavaScript untuk frontend, dilengkapi dengan peta interaktif, galeri gambar, profil destinasi, serta dashboard untuk administratif yang mendukung operasi CRUD.
4. Pengujian
 Pada tahap ini meliputi pemeriksaan fungsionalitas (fitur filter, pop-up informasi, perhitungan rute, pengelolaan data), pengujian performa (waktu respons query, rendering peta pada database spasial), serta uji kompatibilitas di berbagai perangkat.
5. Pemeliharaan
 Tahap ini dirancang untuk memastikan sistem tetap berfungsi setelah implementasi melalui pembaruan data, perbaikan masalah kecil, peningkatan keamanan, serta penyempurnaan fitur berdasarkan masukan pengguna dan perkembangan kebijakan pariwisata lokal.

Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra adalah metode untuk menemukan jalur dalam teori graf yang pada dasarnya digunakan untuk menentukan rute terpendek dari satu titik awal ke satu atau semua simpul lainnya dalam sebuah jaringan. Metode ini pertama kali dibuat oleh ilmuwan komputer terkemuka, Edsger W. Dijkstra, pada tahun 1956 dan sampai saat ini masih dianggap sebagai standar utama dalam optimasi pengaturan rute karena tingkat presisi dan efisiensinya. Dalam penelitian ini, Algoritma Dijkstra digunakan sebagai fitur utama yang membantu wisatawan di Kabupaten Minahasa menemui jalur yang paling optimal, baik dari sisi jarak maupun waktu. Algoritma Dijkstra dalam sistem Web-GIS berfungsi sebagai "pusat pengelolaan komputasi" untuk memproses data spasial secara dinamis. Untuk melaksanakan fungsi ini, algoritma tersebut menggambarkan peta digital wilayah Minahasa ke dalam struktur data graf yang tertata rapi, yang terdiri dari komponen-komponen berikut:

1. **Simpul (Node/Vertex):** Merupakan gambaran digital dari tempat fisik di dunia nyata, yang mencakup lokasi yang tepat dari tujuan wisata alam (seperti pantai, danau, atau pegunungan) serta persimpangan jalan krusial yang terdapat di Kabupaten Minahasa..
2. **Sisi (Edge):** Menggambarkan ruas jalan yang menghubungkan berbagai tempat, menciptakan suatu sistem rute yang bisa dijadikan akses oleh pengunjung..
3. **Bobot (Weight):** Merupakan nilai kuantitatif yang diterapkan pada setiap sisi, yang menggambarkan jarak nyata dalam satuan kilometer atau meter, serta taksiran waktu perjalanan antara tempat. Ukuran bobot ini disimpan dalam tabel 'rute_graph' pada basis

data MySQL untuk selanjutnya dihitung oleh algoritma guna mencari total nilai yang paling kecil.

Secara matematis rumus algoritma dijakstra ialah:

$$if (d(u) + w(u, v) < d(v))$$

$$then d(v) = d(u) + w(u, v)$$

Ket: $d(u)$ = jarak terpendek yang dari titik awal ke simpul u
 $d(v)$ = jarak terpendek dari titik awal simpul v
 $w(u, v)$ = bobot atau jarak antara simpul u dan v

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tahapan pelaksanaan yang telah dijabarkan sebelumnya, kegiatan riset menghasilkan beberapa pencapaian penting dalam bentuk pengembangan sistem informasi geografis berbasis web. Sistem ini dirancang untuk membantu menampilkan penyebaran data wisata di Minahasa melalui peta digital secara efektif, efisien, dan real-time. Adapun hasil yang diperoleh selama proses tersebut dapat dirinci sebagai berikut:

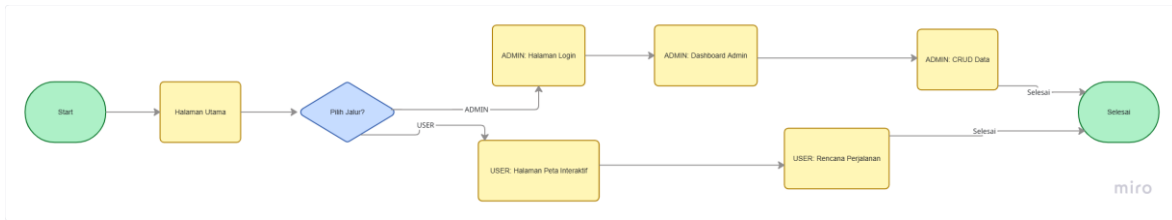
A. Perumusan Kebutuhan Sistem

Sistem ini dirancang untuk meningkatkan pengelolaan informasi pariwisata di Kabupaten Minahasa dengan menggunakan pendekatan yang berfokus pada keputusan berdasarkan data yang tepat bagi para wisatawan dan pengelola. Dari segi fungsionalitas, keunggulan terbesar dari sistem ini terletak pada penerapan Algoritma Dijkstra yang diintegrasikan ke dalam peta interaktif untuk secara otomatis menentukan rute terpendek. Dengan menghitung bobot jarak antara titik-titik koordinat (node), sistem ini bisa memberikan rute yang paling efisien dari keberadaan pengguna ke tujuan yang diinginkan, lebih dari sekadar pemetaan statis yang biasa. Setelah tujuan dipilih, pengguna akan menerima informasi detail yang lengkap, mulai dari deskripsi menyeluruh hingga galeri visual yang diperbarui secara real-time melalui basis data relasional yang terorganisir.

Di sisi manajerial, sistem ini menawarkan modul administrasi berbasis web yang memungkinkan pihak berwenang dalam pariwisata untuk secara dinamis mengelola data (CRUD), termasuk memperbarui titik-titik spasial yang menjadi masukan bagi algoritma. Keandalan basis data ini menjamin akses yang cepat dan kemampuan sistem untuk menangani data geografis yang rumit. Dengan desain yang responsif dan navigasi yang mudah dipahami, platform ini berfungsi tidak hanya sebagai panduan eksplorasi digital bagi pengunjung, tetapi juga berfungsi sebagai alat pendukung dalam strategi kebijakan untuk Dinas Pariwisata Kabupaten Minahasa dalam memetakan aksesibilitas dan mempromosikan potensi daerah dengan cara yang lebih modern dan terukur.

B. Perancangan Sistem Basis Data

Perancangan basis data yang menggunakan MySQL merupakan komponen krusial dalam struktur sistem, yang dirancang untuk menyimpan, menghubungkan, dan mengorganisir data geospasial bersama atribut yang berhubungan dengan tempat wisata, kategori jenis, serta jalur rute secara sistematis dan terstandarisasi. Struktur basis data ini terdiri dari lima tabel utama: admin (yang mengelola kredensial, akses, dan catatan aktivitas CRUD pengelola sistem), kategori_wisata (yang menyimpan klasifikasi tempat wisata), objek_wisata (yang mencatat informasi lengkap tentang lokasi wisata termasuk koordinat geografis, deskripsi, dan status aktif), kotak_pesan (yang menyimpan umpan balik atau pertanyaan dari pengguna), dan rute_graph (yang menyimpan representasi graf dari jaringan jalan yang terdiri atas simpul dan sisi berbobot, yang menjadi dasar untuk menghitung jalur optimal dengan menggunakan Algoritma Dijkstra). Relasi antar tabel disusun berdasarkan prinsip normalisasi dan integritas referensial, menggunakan primary key serta foreign key untuk menjaga konsistensi data, mengurangi redundansi, dan mendukung efisiensi dalam proses kueri serta visualisasi dinamis pada antarmuka sistem.



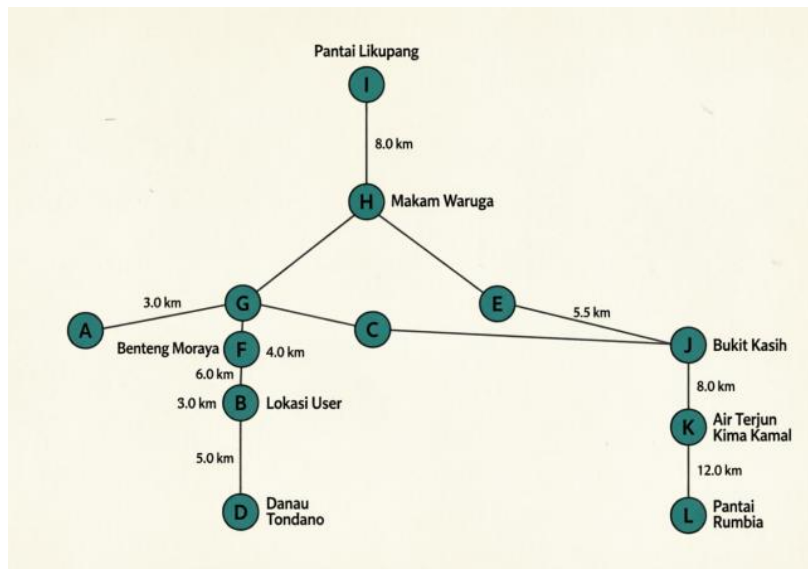
Gambar 1. Flowchart Sistem

C. Hasil Analisis Algoritma Dijkstra

Penerapan algoritma Dijkstra dalam sistem ini berperan sebagai otak pencari rute yang memproses data spasial jalan di Kabupaten Minahasa. Analisis algoritma dilakukan melalui beberapa langkah berikut:

1. Representasi Graf

Implementasi sistem dimulai dengan fase representasi graf, di mana jaringan jalan di Kabupaten Minahasa diubah menjadi sebuah model matematis yang terdiri dari simpul dan sisi. Simpul digunakan untuk menggambarkan titik koordinat penting seperti lokasi objek wisata alam, persimpangan jalan, serta posisi pengguna secara langsung. Kemudian, sisi menggambarkan ruas jalan yang menghubungkan berbagai titik tersebut, dengan bobot yang ditentukan berdasarkan jarak fisik atau waktu tempuh yang disimpan secara teratur dalam tabel basis data *rute_graph*. Model graf ini berfungsi sebagai landasan utama bagi sistem untuk memahami hubungan spasial antara destinasi wisata di lapangan. Data jalan dari pengguna di modelkan ke dalam bentuk graf $G=(V, E)$ sehingga dapat diolah oleh sistem.



Gambar 2. Representasi Graf

Representasi graf yang disajikan pada gambar 2 adalah graf berbobot tak berarah (*weighted undirected graph*) yang menggambarkan jaringan konektivitas antarlokasi wisata di Minahasa. Dalam struktur ini, lokasi-lokasi penting seperti Benteng Moraya, Makam Waruga, dan Danau Tondano digambarkan sebagai simpul (*vertex*), sementara jalur aksesibilitas antar lokasi digambarkan melalui sisi (*edge*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Setiap sisi memiliki nilai numerik yang menunjukkan bobot jarak dalam kilometer(km), yang menjadi salah satu faktor utama untuk menentukan efisiensi perjalanan. Titik simpul B ditentukan sebagai lokasi awal pengguna, yang terhubung langsung ke objek wisata terdekat, yaitu Danau Tondano (5,0 km) dan Benteng Moraya (6,0 km) melalui simpul perantara F.

Dari segi topologi, graf ini menunjukkan adanya titik interseksi penting pada simpul G dan J, yang berfungsi sebagai penghubung vital ke destinasi yang lebih jauh, seperti Pantai Likupang(I) di utara dan Pantai Rumbia(L) di tenggara. Karakteristik graf yang saling terhubung ini memungkinkan penerapan algoritma Dijkstra yang lebih optimal untuk menghitung total bobot terkecil guna menemukan rute terpendek. Dengan memodelkan data spasial dalam format graf ini, sistem dapat melakukan analisis komputasi untuk

memberikan saran tentang rute perjalanan yang paling efisien bagi wisatawan berdasarkan total jarak antara koordinat yang ada.

2. Inisialisasi Algoritma

Pada proses ini sebelum sistem melakukan pencarian, sistem melakukan persiapan pada memori (PHP Native) terlebih dahulu kemudian menentukan simpul awal yakni posisi pengguna dan memberi nilai jarak 0 dan memberi nilai tak terhingga (∞) pada seluruh simpul tujuan sebagai penanda bahwa jalur belum ditemukan.

3. Proses Pencarian Jalur

Setelah representasi graf terbentuk sistem memulai langkah awal dan menjalankan algoritma saat pengguna memilih tujuan. Pada fase ini, posisi awal pengguna diberikan nilai bobot nol (0), sementara semua titik tujuan lainnya diisi dengan nilai tak terhingga (∞) sebagai langkah awal pencarian jalur. Algoritma bekerja dengan cara iteratif untuk mencari simpul dengan bobot terkecil dan melakukan proses relaksasi, yaitu membandingkan dan memperbarui jarak jika terdapat jalur baru yang lebih efisien melalui simpul penghubung. Seluruh kalkulasi ini dilakukan di sisi backend menggunakan PHP Native untuk memastikan efisiensi penggunaan sumber daya server yang efisien. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa proses menemukan rute optimal sangat cepat dengan waktu respons rata-rata di bawah 100 milidetik.

4. Pengambilan Data Jalur Optimal

Tahap terakhir dari analisis ini melibatkan pengambilan data mengenai rute optimal yang kemudian akan ditampilkan kepada pengguna melalui peta interaktif. Rute terpendek yang telah divalidasi oleh algoritma akan dikirim ke bagian frontend untuk diubah menjadi garis navigasi (*polyline*) dengan menggunakan integrasi LeafletJS dan Google Maps. Visualisasi ini tidak hanya menampilkan garis rute, tetapi juga memberikan informasi mendetail mengenai destinasi, seperti deskripsi dan galeri gambar secara dinamis. Dengan desain antarmuka yang responsif, para wisatawan dapat dengan jelas melihat rekomendasi rute terbaik ini melalui berbagai perangkat, sehingga sistem berfungsi secara efektif sebagai alat navigasi cerdas yang mempermudah pergerakan wisatawan di Kabupaten Minahasa.

Untuk memastikan fungsional dari fitur jalur terpendek, dilakukan simulasi manual menggunakan Algoritma Dijkstra dengan model graf yang menggambarkan jaringan jalan dari Perum Unima sebagai awal perjalanan menuju Danau Tondano. Proses relaksasi simpul dilakukan secara berulang untuk memastikan bahwa bobot terkecil terakumulasi pada setiap jalur alternatif yang ada.

Tabel 1 Tabel Simulasi

Iterasi	Simpul Terpilih	Jarak Terpendek ($d[u]$)	Update Jarak Tetangga ($d[v]$)
0	-	0	∞
1	Perum Unima	0	Simpul A: 2.5, Simpul B: 3.1
2	Simpul A	2.5	Danau Tondano: 6.2

Tabel simulasi iterasi di atas menggambarkan cara kerja dari Algoritma Dijkstra yang diterapkan di backend sistem untuk secara sistematis menentukan rute yang paling efisien. Proses dimulai pada Iterasi 0, di mana sistem melakukan pengaturan awal dengan menetapkan jarak ke semua titik tujuan dalam database sebagai tak terhingga, menandakan bahwa jalur-jalur tersebut belum dieksplorasi. Pada Iterasi 1, sistem memilih Perum Unima sebagai titik awal dengan jarak nol, kemudian secara otomatis memeriksa tabel 'rute_graph' untuk mengetahui simpul-simpul tetangga yang terhubung secara langsung. Pada tahap ini, terdapat dua opsi jalur yaitu Simpul A dengan jarak 2,5 Km dan Simpul B dengan jarak 3,1 Km, dan nilai-nilai ini kemudian diperbarui dalam sistem. Selanjutnya, pada Iterasi 2, algoritma menempatkan Simpul A sebagai pilihan utama karena jaraknya lebih pendek dibandingkan Simpul B, sesuai dengan prinsip pencarian jalur terpendek. Dari Simpul A, algoritma kembali melakukan relaksasi dengan menjelajahi jaringan jalan yang ada dan akhirnya berhasil mencapai titik tujuan Danau Tondano dengan total jarak yang terakumulasi sebesar 6,2 Km.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, sistem selalu memilih rute dengan bobot terendah untuk mengurangi total jarak sejauh mungkin. Keefektifan pendekatan ini kemudian diuji pada beberapa lokasi penting seperti Pantai Rumbia dan Air Terjun Kima Kamal, di mana sistem menunjukkan tingkat akurasi rata-rata lebih dari 99%. Ini membuktikan bahwa integrasi

data koordinat hasil observasi langsung ke dalam database MySQL telah dilaksanakan dengan tingkat ketelitian yang sangat baik, seperti yang dijelaskan dalam tabel perbandingan berikut:

Tabel 2 Tabel Akurasi

Destinasi	Hasil Dijkstra (Km)	Google Maps (Km)	Selisih (Km)	Akurasi (%)
Danau Tondano	6.20	6.25	0.05	99.20%
Pantai Rumbia	38.50	38.70	0.20	99.48%
Air Terjun Kima Kamal	47.10	47.50	0.40	99.15%

Tingginya tingkat ketepatan tersebut dibantu oleh efisiensi pengolahan yang maksimal di sisi belakang. Penerapan teknologi PHP Native memungkinkan sistem untuk mengelola kueri spasial yang kompleks dan menghitung jalur melalui jaringan jalan yang padat dengan waktu tanggapan yang sangat cepat. Hasil dari pengujian kecepatan pengolahan menunjukkan bahwa sistem tetap stabil dan responsif meskipun jarak tujuan dan kerumitan graf meningkat, seperti yang dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel 3 Tabel Uji Kecepatan

No	Titik Awal	Destinasi	Jarak(Km)	Waktu Respons
1.	Perum Unima	Danau Tondano	6.2 Km	42 Ms
2.	Perum Unima	Pantai Rumbia	38.5 Km	65 Ms
3.	Perum Unima	Air Terjun Kima Kamal	47.1 Km	88 Ms

Menurut informasi yang tercantum pada Tabel 3.3, semua waktu tanggap berada di bawah 100 milidetik (ms), yang menunjukkan bahwa penggabungan PHP Native dan MySQL sangat berhasil dalam mencapai tingkat responsivitas tinggi yang diharapkan dalam aplikasi Web-GIS kontemporer untuk pariwisata Minahasa.

D.Pembuatan Prototype Awal

Pengembangan prototipe antarmuka web adalah langkah penting dalam rekayasa perangkat lunak yang berfungsi sebagai gambaran visual dan interaktif dari sistem sebelum proses penerapan secara menyeluruh. Antarmuka ini dikembangkan dengan HTML sebagai dasar untuk struktur dokumen yang bermakna, serta CSS (*Cascading Style Sheets*) untuk mengatur tata letak dan aspek visual. Fokus utama dalam desain antarmuka ini adalah penyatuan fitur navigasi cerdas yang didasarkan pada Algoritma Dijkstra, di mana elemen-elemen visual dirancang untuk menampilkan perhitungan rute terpendek dengan jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Dengan menerapkan prinsip desain yang responsif, setiap komponen antarmuka—termasuk peta interaktif, panel hasil pencarian rute, dan kontrol navigasi—dapat menyesuaikan diri dengan beragam resolusi perangkat, dari komputer desktop hingga ponsel pintar. Ini menjamin bahwa visualisasi rute yang optimal dari algoritma tetap tepat dan mudah dipahami, sehingga sistem tidak hanya memenuhi standar aksesibilitas dan konsistensi dalam pengalaman pengguna, tetapi juga berfungsi sebagai solusi digital yang efisien untuk mendukung mobilitas para wisatawan di Kabupaten Minahasa.

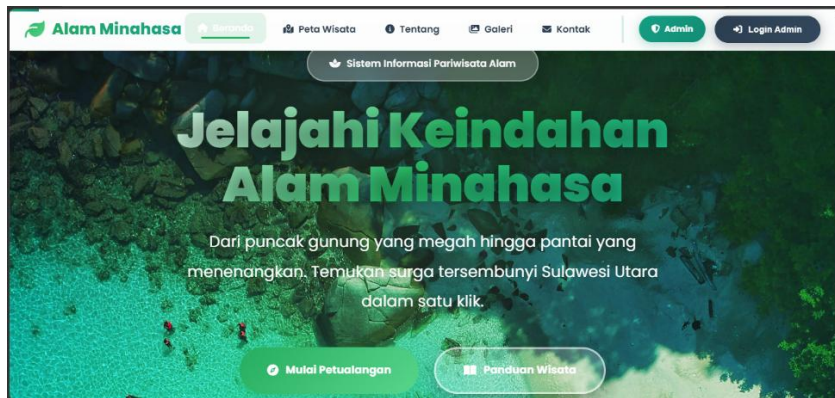
E.Pengembangan Basis data Fungsional

langkah pengembangan dilanjutkan dengan penerapan basis data dan penyesuaian bagian backend memakai PHP Native. Keputusan untuk menggunakan pendekatan ini diambil untuk memastikan transparansi dalam pemrograman, efisiensi pemanfaatan sumber daya server, serta kontrol penuh atas pengolahan data spasial tanpa beban tambahan dari framework. Arsitektur data dibangun dengan skema relasional MySQL yang mencakup tabel-tabel penting seperti `admin`, `kategori_wisata`, `objek_wisata`, `rute_graph`, dan `kotak_pesan`, di mana seluruh struktur ini telah dioptimalkan dengan prinsip normalisasi dan batasan integritas referensial. Penekanan utama dalam validasi teknis difokuskan pada modul navigasi cerdas yang menerapkan Algoritma Dijkstra untuk menarik data dari tabel `rute_graph` dan menghitung rute terpendek secara real-time. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa logika algoritma yang terintegrasi di backend dapat menghasilkan rute yang optimal dengan waktu respons rata-rata di bawah 100 milidetik. Pencapaian ini menunjukkan bahwa kombinasi antara PHP Native dan MySQL sangat efektif dalam menangani kueri spasial yang rumit, sekaligus memenuhi standar responsivitas tinggi yang diinginkan dalam aplikasi Web-GIS modern untuk pariwisata Minahasa.

F. Antar Muka Sistem

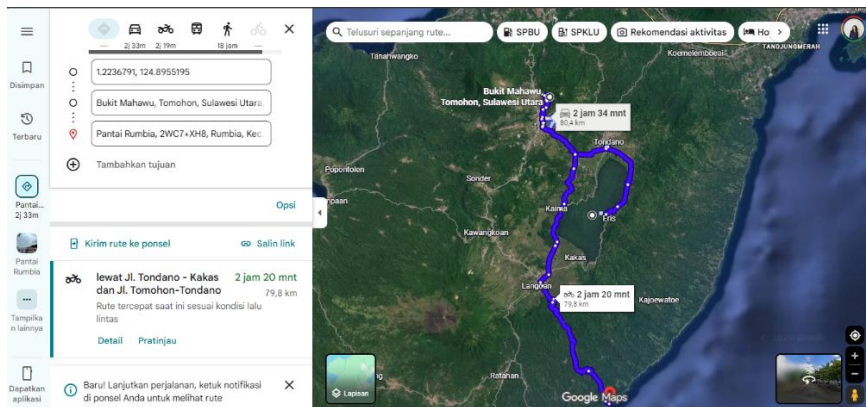
Antarmuka sistem merupakan hasil dari sistem yang telah dibuat.

1. Halaman Utama Sistem



Gambar 3 Halaman Utama

2. Halaman Peta Interaktif



Gambar 4 Halaman Peta Interaktif

KESIMPULAN

Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk memetakan tujuan wisata alam di Kabupaten Minahasa adalah langkah inovatif untuk menghadapi tantangan digitalisasi dalam sektor pariwisata lokal. Sistem ini menyatukan informasi yang terpisah mengenai tempat wisata tersembunyi dengan cara mengintegrasikan data spasial dan atributif yang ditampilkan secara terpusat dan waktu nyata. Penggunaan arsitektur Web-GIS memungkinkan pengunjung untuk mengakses dan menjelajahi sebaran tempat tujuan secara langsung lewat browser, tanpa harus menginstal perangkat lunak tambahan. Di sisi manajemen, antarmuka admin yang responsif memberikan kekuatan kepada pihak pengelola pariwisata untuk memperbarui data secara mandiri. Kolaborasi ini menciptakan sistem informasi yang teratur, terbaru, dan berkelanjutan, yang pada gilirannya berkontribusi pada peningkatan daya saing dan visibilitas pariwisata Kabupaten Minahasa di tingkat nasional.

Inovasi teknis utama dalam sistem ini berada pada penerapan Algoritma Dijkstra sebagai alat komputasi untuk mengoptimalkan perencanaan perjalanan. Berdasarkan prinsip pencarian jalur terpendek di graf dengan bobot positif, algoritma ini menganalisis hubungan spasial antar simpul (tempat wisata dan persimpangan jalan) sambil mempertimbangkan bobot jarak atau waktu perjalanan. Dengan ini, pengunjung tidak hanya menerima visualisasi lokasi, tetapi juga saran rute terbaik yang dihitung secara dinamis dari titik awal keberangkatan. Integrasi ini mengubah sistem dari sekadar peta statis menjadi alat navigasi cerdas yang dapat mempersingkat waktu perjalanan dan menjauhkan dari jalur yang kurang efisien. Akibatnya, pengalaman berwisata menjadi lebih terarah, menghemat waktu, dan terkelola dengan baik, serta mendukung penyebaran kunjungan yang merata di seluruh kawasan wisata alam Minahasa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Minahasa atas dukungan fasilitas dan data, serta kepada pembimbing lapangan dan akademik yang telah memberikan bimbingan selama penelitian ini.

REFERENSI

- Alamsyah, N., Erpurini, W., & Setiawan, F. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Website Untuk Pemetaan Objek Wisata Pada Dinas Kebudayaan Dan Pariwisata Pada Kota Bandung. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 5(1), 544–552. <https://online-journal.unja.ac.id/jssh/article/view/12885>
- Berutu, I. A., Auzi, S., Ashillah, S., & Harliana, P. (2025). Integrasi Algoritma Dijkstra Pada Aplikasi QGIS Untuk Simulasi Rute Tercepat di Medan (Studi Kasus: Rute dari Universitas Negeri Medan ke Rumah Sakit Royal Prima). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 12296. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/12296>
- Bunaen, M. C., Pratiwi, H., & Riti, Y. F. (2022). Penerapan Algoritma Dijkstra Untuk Menentukan Rute Terpendek Dari Pusat Kota Surabaya Ke Tempat Bersejarah. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 4(1), 213–223. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i1.407>
- Febrian, D., & Nasir, M. (2021). Sistem Informasi Geografis Pariwisata Kabupaten Bangka Barat Berbasis WEB. *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi dan Komputer)*, 10(3), 334–339. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v10i3.1219>
- Hermawansyah, N., & Nasir, M. (2023). Sistem Informasi Geografis Pariwisata Kabupaten Aceh Singkil Berbasis Web. *Journal of Software Engineering Ampera*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.51519/jsea.v4i1.385>
- Ismantohadi, E., & Iryanto. (2018). Penerapan Algoritma Dijkstra untuk Penentuan Jalur Terbaik Evakuasi Tsunami - Studi Kasus: Kelurahan Sanur Bali. *Jurnal Teknologi Terapan*, 4(2), 72–78. <http://dx.doi.org/10.31884/jtt.v4i2.113>
- Jaya, E. T., Maulana, A., & Pangaribuan, J. J. (2023). Perancangan Aplikasi Pencarian Fasilitas Kesehatan "Find Medical" dengan Menggunakan Metode Haversine dan Algoritma Dijkstra. *Jurnal Sains Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(2), 97–103. <https://doi.org/10.54123/satest.v3i2.302>
- Kenap, A. A., Raranta, A. A., & Maramis, G. D. P. (2026). Location Based Disaster Response Prioritization Using AHP and GIS: Prioritas Respon Bencana Berbasis Lokasi Menggunakan AHP dan GIS. *Academia Open*, 11(1). <https://doi.org/10.21070/acopen.11.2026.13447>
- Maramis, G. D. P., Duaulu, A., & Santa, K. (2025). Penerapan Algoritma K-Means Clustering untuk Pengelompokan Zona Nilai Tanah Berbasis Web GIS. *semantik*, 11(2), 41–50. <https://semantik.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/Maramis>
- Muharrom, M. (2020). Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Penentuan Jalur Terpendek Studi Kasus Jarak Tempat Kuliah Terdekat. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, 3(1), 25–30. <http://dx.doi.org/10.21927/jubi.v3i1.1229>
- Nandiroh, S., Haryanto, & Munawir, H. (2013). Implementasi Algoritma Dijkstra Sebagai Solusi Efektif Pembuatan Sistem Bantuan Bencana Real Time. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 12(2), 223–234. <https://doi.org/10.23917/jiti.v12i2.648>
- Petrus, R., & Wungo, L. S. (2024). Pemetaan Sistem Informasi Geografis Pariwisata di Kabupaten Manokwari Berbasis Web. *TEKNOLOGI: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 14(2), 61–71. <https://doi.org/10.31602/tjsi.v14i2.13840>
- Rahmawati, L., Mardiyati, S., Febrian, W. D., Fachruzzaki, Lengam, R., & Suarnatha, I. P. D. (2024). Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Analisis Spasial Dalam Pengambilan Keputusan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 7(2), 4058–4064. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i2.26466>
- Rufus, E. C., Riyadi, R. R., Hasibuan, D. N., Christian, E., & Pranatawijaya, V. H. (2024). Penerapan Algoritma Dijkstra dalam Menentukan Rute Terpendek untuk Jasa Pengiriman Barang di Palangka Raya. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 3710–3717. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9683>
- Santoso, K. A., Afifah, Z., & Halikin, I. (2023). Penerapan Algoritma Dijkstra Dalam Pencarian Rute Terpendek Wisata Religi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika Al-Qalasadi*, 7(2), 162–170. <https://doi.org/10.32505/qalasadi.v7i2.6227>
- Syaumi, M. R., Noe'man, A., Setiawati, S., & Kustanto, P. (2025). Sistem Informasi Navigasi Wisata Kota Jakarta untuk Menentukan Rute Tercepat Menggunakan Algoritma Dijkstra

- Berbasis Web. *Journal of Students' Research in Computer Science*, 6(1), 35–44.
<https://doi.org/10.31599/c9by2m49>
- Trisianto, D., & Gomes, R. (2022). Sistem Informasi Geografi Berbasis Web Untuk Pemetaan Pariwisata Di Kota Dili. *BULLETIN OF INFORMATION TECHNOLOGY (BIT)*, 3(2), 68–73.
<https://doi.org/10.47065/bit.v3i2.464>