

Pengembangan Sistem Informasi Geografis Menggunakan Algoritma Dijkstra untuk menentukan Jalur Terpendek Evakuasi Bencana di Desa Tiley Pantai

**Ariestha Widyastuty Bustan^{1*}, Munazat Salmin², Rauman Mahmud³,
Fijai Pina⁴, Miswar Papuangan⁵**

^{1,3}Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alman,
Universitas Pasifik Morotai

²Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Khairun Ternate

⁴Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Pasifik Morotai

⁵Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pasifik Morotai

Email korespondensi*: ariesthawidyastutybustan@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk menentukan jalur evakuasi bencana terpendek menggunakan Algoritma Dijkstra. Sistem dibangun dengan memanfaatkan Python (FastAPI), NetworkX, SQLite, dan Leaflet.js. Data penelitian terdiri atas 12 titik lokasi yang merepresentasikan titik evakuasi, fasilitas penting, dan simpul jalan, serta 37 jalur koneksi yang membentuk jaringan jalan di Desa Tiley Pantai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Algoritma Dijkstra mampu menentukan jalur evakuasi terpendek secara akurat pada seluruh skenario yang diuji dengan waktu komputasi rata-rata kurang dari 50 milidetik. Sistem juga menyediakan fitur autentikasi administrator, pengelolaan data spasial secara dinamis, serta ekspor laporan dalam format PDF. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat mendukung perencanaan jalur evakuasi, meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, serta menjadi media pendukung mitigasi bencana di Desa Tiley Pantai.

Kata kunci: Sistem Informasi Geografis (SIG), Algoritma Dijkstra, Jalur Evakuasi Bencana, Jalur Terpendek, Mitigasi Bencana Pesisir, Desa Tiley Pantai.

Abstract

This study aims to develop a web-based Geographic Information System (GIS) for determining the shortest disaster evacuation routes using Dijkstra's algorithm. The system was developed using Python (FastAPI), NetworkX, SQLite, and Leaflet.js. The dataset consists of 12 spatial nodes representing evacuation points, critical facilities, and road intersections, connected by 37 road segments that model the village transportation network. Experimental results demonstrate that Dijkstra's algorithm accurately identifies the shortest evacuation routes for all tested scenarios, with an average computation time of less than 50 milliseconds. The developed system also provides administrator authentication, dynamic spatial data management, and PDF report generation. The proposed GIS can support evacuation route planning, improve community preparedness, and assist

Sejarah artikel

Diterima: 27-02-2026

Direvisi: 31-03-2026

Dipublikasikan: 21-05-2026

Article history

Received: 27-02-2026

Revised: 31-03-2026

Published: 21-05-2026



local authorities in disaster risk reduction and emergency response planning in Tiley Pantai Village.

Keywords: *Geographic Information System (GIS), Dijkstra's Algorithm, Disaster Evacuation Route, Shortest Path, Coastal Disaster Mitigation, Tiley Pantai Village.*

A. Pendahuluan

Kabupaten Pulau Morotai merupakan salah satu kabupaten termuda yang terletak di Provinsi Maluku Utara. Kabupaten ini dibentuk berdasarkan Undang-Undang Nomor 53 Tahun 2008 sebagai hasil pemekaran dari Kabupaten Halmahera Utara. Kabupaten Pulau Morotai merupakan salah satu wilayah 3T (tertinggal, terdepan, terluar) yang memiliki luas wilayah 2.337,15 km² dan jumlah penduduk 82.913 jiwa (Wikipedia, 2024). Secara geografis, kabupaten ini berbatasan langsung dengan Samudra Pasifik di sebelah utara, Laut Halmahera di timur, Selat Morotai di selatan, dan Laut Maluku di barat. Kondisi geografis tersebut membentuk karakteristik di beberapa wilayah pesisir yang tersebar di berbagai kecamatan yang memberikan potensi ekonomi dan pariwisata yang sangat baik, namun di sisi lain juga meningkatkan kerentanan terhadap berbagai ancaman bencana pesisir. Oleh karena itu, kesiapsiagaan masyarakat dan ketersediaan jalur evakuasi yang jelas menjadi aspek penting dalam upaya pengurangan risiko bencana.



Gambar 1. Pelabuhan Desa Tiley Pantai

Salah satu wilayah pesisir yang memiliki karakteristik tersebut adalah Desa Tiley Pantai yang berada di Kecamatan Morotai Selatan Barat. Desa ini memiliki kawasan konservasi penyu, pelabuhan nelayan tradisional, serta berbagai fasilitas umum yang menjadi pusat aktivitas masyarakat. Sebagian besar permukiman berada di sepanjang garis pantai desa sehingga berpotensi terdampak apabila terjadi bencana pesisir seperti abrasi maupun longsor (widjono., 2023). Meskipun demikian, berdasarkan hasil observasi dan wawancara langsung dengan warga desa Tiley pantai diketahui bahwa belum ada informasi mengenai jalur evakuasi menuju lokasi



yang lebih aman masih terbatas. Peta jalur evakuasi ataupun rambu-rambu evakuasi bencana pun belum dimiliki oleh desa Tiley Pantai.

Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam berbagai bidang, termasuk perencanaan wilayah, transportasi, manajemen sumber daya, serta mitigasi bencana. SIG didefinisikan sebagai sistem komputer yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengelola, dan menyajikan semua jenis data geografi (Longley et al., 2011) SIG memungkinkan integrasi data spasial dan nonspasial sehingga pengguna dapat melakukan visualisasi, analisis, dan pengambilan keputusan secara lebih efektif. Dalam konteks kebencanaan, SIG banyak dimanfaatkan untuk memetakan daerah rawan bencana, menentukan lokasi tempat evakuasi, serta merancang rute evakuasi yang optimal (selan et al., 2025)(Ginanjari et al., 2026).

Permasalahan yang berkaitan dengan penentuan jalur evakuasi dapat dimodelkan sebagai permasalahan lintasan terpendek pada teori graf. Dalam representasi tersebut, setiap tempat yang bisa dijadikan sebagai titik kumpul warga di saat terjadinya bencana direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*), sedangkan ruas jalan direpresentasikan sebagai sisi (*edge*) (Gafur dan Boke., 2022). Sisi-sisi yang terbentuk memiliki bobot berupa jarak tempuh yang digunakan untuk menghitung jarak lintasan terpendek antar titik.

Salah satu algoritma yang paling banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan lintasan terpendek adalah Algoritma Dijkstra. Algoritma Dijkstra dapat menentukan lintasan dengan total bobot minimum dari suatu titik asal menuju titik tujuan pada graf berbobot dengan bobot sisi bernilai tidak negatif, jadi tidak dapat dilalui oleh node negatif, namun jika terjadi demikian, maka penyelesaian yang diberikan adalah infinity (Lubis, 2009). Secara formal, diberikan sebuah graf berbobot $G = (V, E)$ di mana V adalah himpunan simpul (*vertex*) dan E adalah himpunan sisi (*edge*) dengan bobot non-negatif $w(u, v)$ untuk setiap sisi $(u, v) \in E$, Algoritma Dijkstra menemukan jalur terpendek dari simpul sumber s ke semua simpul lainnya dalam V . Selain memiliki kompleksitas komputasi yang efisien, algoritma Dijkstra mudah diimplementasikan pada sistem berbasis web dan telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi navigasi.

Penerapan algoritma Dijkstra pada sistem informasi berbasis web mampu memetakan potensi desa dengan menentukan rute terpendek menuju lokasi potensi desa pada sector pariwisata, pertanian, perikanan, dan UMKM (Sumarni et al., 2026). Pratama dalam penelitiannya juga pernah mengimplementasikan algoritma Dijkstra untuk penentuan jalur terpendek pada pencarian lokasi makanan sehat di Jakarta (Pratama, 2023). Selain berbasis website, algoritma Dijkstra juga bisa dijadikan penunjang layanan dalam penentuan jalan pada aplikasi berbasis Location-Based Service (Hasanah et al., 2026).

Penelitian ini mengembangkan Sistem Informasi Geografis berbasis web untuk menentukan jalur evakuasi bencana di Desa Tiley Pantai menggunakan Algoritma Dijkstra. Sistem dibangun dengan memanfaatkan Python menggunakan framework FastAPI sebagai



backend, NetworkX untuk pemodelan graf dan perhitungan jalur terpendek, SQLite sebagai basis data, serta Leaflet.js untuk visualisasi peta interaktif. Data spasial disusun berdasarkan jaringan jalan aktual yang menghubungkan titik-titik penting, seperti permukiman, fasilitas umum, simpul jalan, dan lokasi evakuasi.

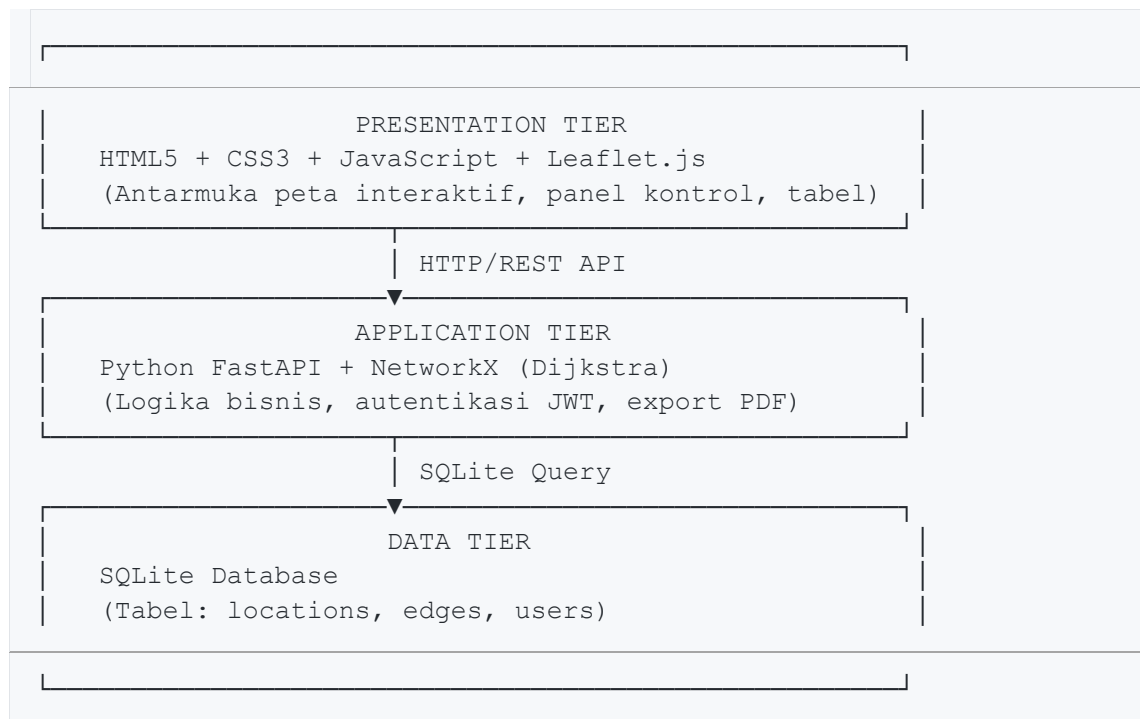
B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) meliputi tahapan: (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan sistem, (3) implementasi, (4) pengujian, dan (5) evaluasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu data primer yang merupakan Estimasi jarak antara lokasi berdasarkan pengukuran di lapangan serta data koordinat geografis dari duabelas titik lokasi di Desa Tile pantai. Data geografis ini diperoleh melalui kegiatan lapangan yang diverifikasi dengan menggunakan citra satelit dari Google Maps. Jenis data yang kedua adalah data sekunder. Data ini berupa data wilayah dan kependudukan yang bersumber dari situs-situs resmi. Selain itu data skunder lain yang digunakan dalam penelitian ini berupa literatur studi tentang implementasi Sistem Informasi Geografis dan algoritma Dijkstra.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Perancangan Sistem

Sistem dibangun menggunakan arsitektur *three-tier* yang terdiri dari:



Sistem menggunakan tiga tabel utama dalam database SQLite: Tabel locations yang menyimpan data titik lokasi, Tabel edges yang menyimpan data jalur/koneksi antar titik lokasi, serta Tabel



users yang menyimpan data pengguna administrator. Jaringan jalan dan jalur di Desa Tiley Pantai dimodelkan sebagai **graf berarah berbobot** (*directed weighted graph*) $G = (V, E, w)$, di mana: V merupakan himpunan 12 simpul yang merepresentasikan lokasi-lokasi penting di Desa, E merupakan himpunan 37 sisi bidireksional yang merepresentasikan jalur penghubung, dan $w: E \rightarrow \mathbb{R}^+$ merupakan fungsi bobot yang merepresentasikan jarak dalam meter. Semua jalur bersifat dua arah (*bidirectional*), sehingga semua jalur fisik direpresentasikan sebagai dua sisi berarah dengan bobot yang sama.

Dua belas titik lokasi yang digunakan dalam sistem ini merepresentasikan titik-titik kumpul yang mungkin dijadikan warga sebagai tempat evakuasi bencana tsunami, gempa bumi, dan bencana lainnya di Desa Tiley Pantai:

Tabel 1. Daftar lokasi titik kumpul di Desa Tiley Pantai

No.	Nama Lokasi	Kategori	Koordinat
1	Pelabuhan Utama Tiley	Pelabuhan	2.22590°N, 128.26910°E
2	Kantor Desa Tiley Pantai	Pemerintahan	2.22650°N, 128.27050°E
3	Pantai Tiley	Wisata	2.22500°N, 128.26800°E
4	Penangkaran Penyu Tiley	Konservasi	2.22450°N, 128.26750°E
5	Masjid Al-Ikhlas Tiley	Ibadah	2.22680°N, 128.27100°E
6	SD Negeri Tiley Pantai	Pendidikan	2.22720°N, 128.27150°E
7	Puskesmas Pembantu Tiley	Kesehatan	2.22600°N, 128.27200°E
8	Dermaga Nelayan Tiley	Pelabuhan	2.22520°N, 128.26950°E
9	Balai Pertemuan Desa	Fasilitas Umum	2.22660°N, 128.27000°E
10	Coldstorage PT Samudra Morotai	Fasilitas Umum	2.22560°N, 128.26870°E
11	Pos Pengamanan Tiley	Pemerintahan	2.22610°N, 128.26920°E
12	Warung Makan Pesisir Tiley	Wisata	2.22540°N, 128.26980°E

Implementasi algoritma dilakukan menggunakan library NetworkX versi 3.x. Estimasi waktu tempuh dihitung berdasarkan kecepatan berjalan kaki rata-rata manusia dewasa, yaitu 80 meter per menit (setara dengan $\pm 4,8$ km/jam), yang sesuai dengan kondisi medan pesisir desa. Antarmuka pengguna dibangun menggunakan teknologi web standar (HTML5, CSS3, JavaScript) dengan library Leaflet.js untuk visualisasi peta interaktif. Desain antarmuka mengikuti prinsip-prinsip *user experience* yang baik, dengan memperhatikan responsivitas, kemudahan navigasi, umpan balik visual, dan keterbacaan. Sistem yang dibangun terdiri dari beberapa komponen antarmuka utama:

a. Header Aplikasi Header menampilkan nama sistem, identitas wilayah (Tiley Pantai, Kec. Morotai Selatan Barat), indikator algoritma yang digunakan, dan tombol login administrator.

b. Panel Kontrol (Sidebar Kiri) Panel ini menyediakan:

- Dropdown pemilihan titik asal dan tujuan (12 lokasi tersedia)
- Tombol "Hitung Rute" untuk memulai kalkulasi Dijkstra
- Tombol "Reset" untuk menghapus rute yang ditampilkan
- Panel hasil rute (muncul setelah kalkulasi): total jarak, estimasi waktu, urutan titik yang dilalui
- Tombol "Export Laporan PDF" (tersedia setelah login admin)
- Legenda kategori lokasi dan jenis jalur

c. Peta Interaktif (Area Utama) Peta menggunakan layer citra satelit Esri World Imagery sebagai basemap, dengan overlay OpenStreetMap untuk label jalan. Peta terpusat pada koordinat 2.2259°N, 128.2691°E dengan zoom level 16. Setiap lokasi ditandai dengan marker berwarna sesuai kategorinya, dan rute terpendek divisualisasikan sebagai polyline berwarna biru dengan animasi progresif.

d. Tabel Informasi Lokasi Tabel di bagian bawah halaman menampilkan daftar lengkap 12 lokasi beserta nama, kategori, deskripsi singkat, dan koordinat. Setiap baris tabel dapat diklik untuk memfokuskan peta ke lokasi tersebut dan membuka popup informasi.



Gambar 2. Tampilan website untuk penentuan rute terpendek

2. Hasil Pengujian Algoritma

Pengujian dilakukan pada seluruh kombinasi pasangan lokasi yang memiliki jalur penghubung. Berikut adalah sampel hasil pengujian pada beberapa rute representatif:

**Tabel 2. sampel hasil pengujian pada beberapa rute representatif**

Asal	Tujuan	Jalur yang Ditemukan	Jarak (m)	Waktu (menit)
Pelabuhan Utama	Penangkaran Penyu	Pelabuhan → Dermaga → Pantai → Penangkaran	380	4,8
Pelabuhan Utama	Puskesmas Pembantu	Pelabuhan → Kantor Desa → Puskesmas	400	5,0
Penangkaran Penyu	Kantor Desa	Penangkaran → Pantai → Pelabuhan → Kantor Desa	480	6,0
Dermaga Nelayan	SD Negeri	Dermaga → Kantor Desa → SD Negeri	340	4,3
Pos Pengamanan	Balai Pertemuan	Pos → Pelabuhan → Kantor Desa → Balai	350	4,4
Masjid Al-Ikhlas	Penangkaran Penyu	Masjid → Kantor Desa → Pelabuhan → Dermaga → Penangkaran	710	8,9

Seluruh hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Dijkstra berhasil menemukan jalur terpendek yang valid. Tidak ditemukan kasus di mana algoritma menghasilkan jalur yang lebih panjang dari jalur optimal, yang mengkonfirmasi kebenaran implementasi.

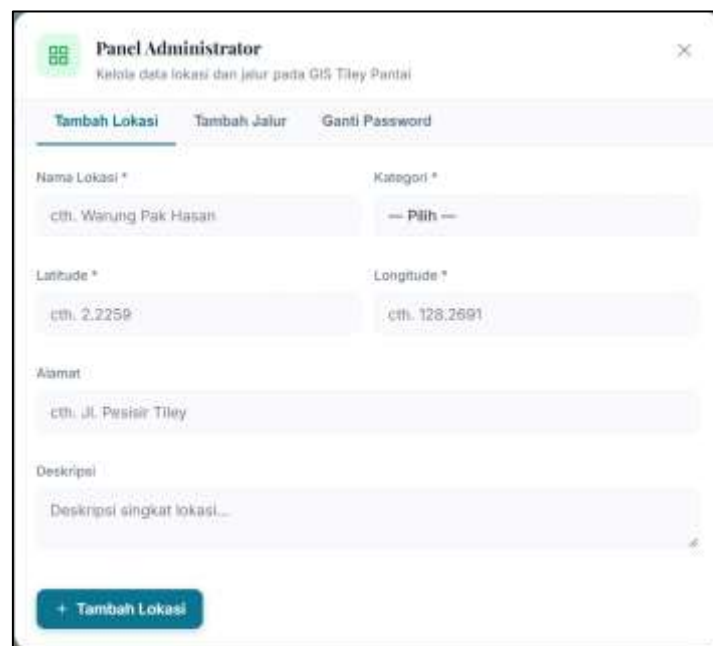
Tabel 3. Pengujian kinerja dilakukan untuk mengukur waktu respons sistem dalam berbagai kondisi:

Metrik	Nilai
Waktu rata-rata kalkulasi Dijkstra	< 5 ms
Waktu respons API /api/shortest-path	< 50 ms
Waktu muat halaman pertama	< 2 detik
Ukuran database (12 lokasi, 37 jalur)	< 50 KB
Ukuran laporan PDF yang dihasilkan	±6,4 KB

Kinerja sistem yang sangat baik ini disebabkan oleh ukuran graf yang relatif kecil (12 simpul, 37 sisi), sehingga Algoritma Dijkstra dapat menyelesaikan pencarian dalam waktu yang dapat diabaikan secara praktis.

3. Fitur Autentikasi dan Manajemen Data

Sistem dilengkapi dengan mekanisme autentikasi berbasis JWT (*JSON Web Token*) yang menggunakan algoritma HS256 dengan masa berlaku token 8 jam. Password administrator disimpan dalam bentuk *hash* menggunakan algoritma bcrypt dengan *cost factor* default, sehingga aman terhadap serangan *brute force* dan *rainbow table*. Administrator yang telah login dapat melakukan operasi CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) pada data lokasi dan jalur melalui panel admin, sehingga data sistem dapat diperbarui secara dinamis tanpa perlu modifikasi kode program.



Gambar 2. Panel administrator

Sistem menyediakan fitur ekspor laporan rute terpendek dalam format PDF menggunakan library ReportLab. Laporan yang dihasilkan mencakup:

- Header resmi** dengan nama instansi, tanggal cetak, dan nama administrator
- Ringkasan rute:** nama asal, nama tujuan, total jarak, estimasi waktu, jumlah segmen
- Tabel urutan perjalanan:** nomor urut, nama lokasi, kategori, koordinat dengan highlight baris asal (biru) dan tujuan (kuning)
- Tabel referensi lokasi:** daftar lengkap 12 lokasi dengan penanda (★) untuk lokasi yang dilalui rute
- Footer** dengan informasi sistem dan algoritma yang digunakan

Fitur ini sangat berguna untuk keperluan dokumentasi resmi, pelaporan kepada instansi pemerintah, atau sebagai panduan cetak bagi pengguna yang tidak memiliki akses internet.



4. Pembahasan

Implementasi Algoritma Dijkstra pada SIG Tiley Pantai terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan pencarian jalur terpendek di wilayah desa pesisir. Beberapa temuan penting dari penelitian ini adalah: (a) pemodelan jaringan jalan desa sebagai graf berbobot bidireksional merupakan pendekatan yang tepat untuk kondisi wilayah Tiley Pantai, di mana sebagian besar jalur dapat dilalui dari kedua arah. (b) penggunaan library NetworkX secara signifikan menyederhanakan implementasi algoritma tanpa mengorbankan akurasi atau kinerja. Hal ini sejalan dengan temuan Fitro et al. yang menyatakan bahwa penggunaan library graf yang matang lebih disarankan daripada implementasi dari awal (*from scratch*) untuk aplikasi produksi (Fitro et al., 2018). (c) integrasi antara backend Python (FastAPI) dan frontend berbasis web (Leaflet.js) menghasilkan sistem yang dapat diakses dari berbagai perangkat tanpa instalasi tambahan, yang sangat relevan untuk kondisi daerah terpencil seperti Tiley Pantai di mana penggunaan perangkat mobile lebih dominan. (d) fitur manajemen data dinamis memungkinkan sistem untuk berkembang seiring dengan perkembangan infrastruktur desa, sehingga sistem tidak menjadi usang ketika ada penambahan jalan baru atau fasilitas baru.

D. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem Informasi Geografis berbasis web untuk penentuan jalur terpendek evakuasi bencana di Desa Tiley Pantai, Kecamatan Morotai Selatan Barat, Kabupaten Pulau Morotai berhasil dibangun menggunakan Python (FastAPI), NetworkX, SQLite, dan Leaflet.js.
- Algoritma Dijkstra yang diimplementasikan melalui library NetworkX berhasil menemukan jalur terpendek yang akurat pada seluruh pasangan titik lokasi yang diuji, dengan waktu komputasi rata-rata di bawah 5 milidetik untuk graf berukuran 12 simpul dan 37 sisi.
- Sistem menyediakan antarmuka pengguna yang interaktif dan informatif, mencakup peta satelit interaktif, panel pencarian rute, visualisasi polyline animasi, tabel informasi lokasi, popup marker, dan fitur ekspor laporan PDF.
- Mekanisme autentikasi administrator berbasis JWT dan bcrypt memberikan keamanan yang memadai untuk operasi manajemen data, sehingga sistem dapat dikelola secara mandiri oleh aparat desa.
- Sistem ini dapat dijalankan secara mandiri di berbagai platform (lokal, server VPS, Docker, Google Colab) tanpa ketergantungan pada layanan *cloud* berbayar, menjadikannya solusi yang ekonomis dan berkelanjutan untuk daerah terpencil.

Hasil penelitian diharapkan dapat mendukung pemerintah desa, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), serta masyarakat dalam meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi bencana pesisir. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan untuk perencanaan jalur evakuasi pada wilayah pesisir lainnya yang memiliki karakteristik serupa.



E. Daftar Pustaka

- Gafur, A. K. A., & Boke, F. (2022). ANALISIS JALUR TERPENDEK DALAM EVAKUASI BENCANA TSUNAMI DI DESA TOWARA DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA A-STAR (A*). *Jurnal Teknik SILITEK*, 2(01), 56-63.
- Fitro, A., P Sulistio Ilham, A., B Saeful, O., & Frendianata, I. (2018). Shortest path finding in geographical information systems using node combination and dijkstra algorithm. *Shortest Path Finding in Geographical Information Systems Using Node Combination and Dijkstra Algorithm*, 9(2), 755-760.
- Hasanah, E., Marta, R., Irfan, D., & Fatmi, Y. (2026). Analisis Performa Algoritma Dijkstra untuk Penentuan Jalur Terpendek pada Aplikasi Mobile Berbasis Location-Based Service. *JURNAL ILMIAH RESEARCH STUDENT*, 3(2), 943-954.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2011). *Geographic Information Systems & Science*. 3rd edn. Hoboken.
- Pratama, A. M. P. (2023). *PERBANDINGAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN ALGORITMA A STAR PADA PENCARIAN RUTE TERPENDEK LOKASI MAKANAN SEHAT DI JAKARTA SELATAN BERBASIS WEB* (Doctoral dissertation, Universitas Nasional).
- Selan, A., Ariswati, D. Y., & Saekoko, J. (2025). Analisis Literatur: Efektivitas Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Daerah Rawan Bencana. *Jurnal Cakrawala Informasi*, 5(1), 01-12.
- Sumarni, T., Maulana, R., & Utama, B. D. R. (2026). Sistem Informasi Geografis Potensi Desa Berbasis Web Menggunakan Algoritma Dijkstra. *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO-Ilmu Komputer & Informatika*, 9(2), 283-295.
- Wikipedia, "Kabupaten Pulau Morotai," *Wikipedia Bahasa Indonesia*, diakses 24 Juni 2026. [Online]. Tersedia: https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Pulau_Morotai
- Widjono, A. S. (2023). *Penataan Permukiman Pesisir Berbasis Mitigasi Bencana Dengan Settlement Growth Line Di Kelurahan Tallo= Arrangement of Coastal Settlements Based on Disaster Mitigation with Settlement Growth Line in Tallo Village* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).