

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement.....	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article.....	5
Title page.....	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 1 (2026): January
DOI: 10.21070/ijins.v27i1.1865

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

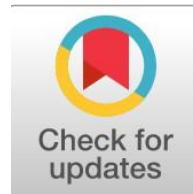
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Interactive Web Geographic Information System Mapping Fire Prone Areas Using Dijkstra Algorithm

Pemetaan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web Interaktif Lokasi Rawan Kebakaran Menggunakan Algoritma Dijkstra

Efraim R. S. Moningkey, fmoningkey@unima.ac.id, ()
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Negeri Manado, Indonesia

Regina Gloria Ratu, 22210063@unima.ac.id, (1)
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Negeri Manado, Indonesia

Kristofel Santa, kristofelsanta@unima.ac.id, ()
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Negeri Manado, Indonesia

⁽¹⁾ Corresponding author

Abstract

General Background: Fire disasters pose serious risks to public safety, material assets, and environmental sustainability, requiring rapid access to accurate spatial information. **Specific Background:** In Minahasa Regency, fire-prone area mapping and fire-fighting resource records are still managed manually, limiting information dissemination and slowing emergency response. **Knowledge Gap:** Existing practices lack an integrated web-based GIS that combines spatial visualization with shortest route analysis for operational fire management. **Aims:** This study aims to design and develop an interactive web-based Geographic Information System to map fire-prone areas, fire station locations, and water sources while providing shortest route recommendations using the Dijkstra Algorithm. **Results:** The system was developed using the Waterfall model with PHP, MySQL, and Leaflet.js, and black box testing confirmed that spatial data management, interactive visualization, administrative boundary filtering, and shortest route calculations operated as intended. **Novelty:** The research introduces the integration of fire-prone area mapping, fire-fighting resource management, and Dijkstra-based route analysis supported by OSRM within a single web GIS platform for Minahasa Regency. **Implications:** The developed system supports faster spatial information access and decision-making in fire management by providing route and water source recommendations through an interactive GIS interface.

Highlights

- Manual fire mapping processes were replaced by a centralized web-based GIS platform
- Shortest route calculations were generated through integrated Dijkstra and OSRM services
- Spatial visualization supported administrative filtering and emergency decision support

Keywords

Geographic Information System; Fire Prone Areas; Dijkstra Algorithm; Spatial Mapping; Shortest Route

Published date: 2026-01-02

I. Pendahuluan

Bencana kebakaran merupakan salah satu ancaman serius yang dapat menimbulkan kerugian besar, baik kerugian materiil, korban jiwa, maupun kerusakan lingkungan. Di Indonesia, risiko kebakaran tidak hanya terjadi pada area hutan dan lahan, tetapi juga di kawasan permukiman padat [1]. Kabupaten Minahasa, dengan karakteristik wilayah yang mencakup area permukiman yang berkembang serta kawasan vegetasi, memiliki risiko yang perlu dimitigasi secara efektif. Faktor utama dalam keberhasilan operasi pemadaman kebakaran adalah kecepatan respons (response time), yang sangat bergantung pada ketersediaan informasi yang cepat dan akurat [2]. Pada kenyataannya, pengelolaan data kebencanaan di banyak daerah, termasuk Minahasa, seringkali masih bersifat konvensional. Proses pemetaan lokasi rawan kebakaran dan pendataan sumber daya pendukung pemadaman (seperti lokasi pos pemadam, ketersediaan hidran, atau sumber air alternatif) masih dilakukan secara manual dan statis. Data tersebut mungkin tersimpan dalam bentuk dokumen terpisah, lembar kerja (spreadsheet), atau peta cetak yang tidak mudah diperbarui dan diakses dengan cepat oleh tim di lapangan. Keterbatasan ini menghambat proses pengambilan keputusan strategis saat terjadi keadaan darurat, di mana setiap detik sangat berharga.

Untuk mengatasi permasalahan data spasial yang statis tersebut, teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Geographic Information System (GIS) menawarkan solusi yang powerful. Perancangan Website transformasi digital dalam sector pelayanan public untuk meningkatkan akses informasi dan efisiensi layanan [3]. GIS berbasis web telah terbukti efektif dalam memvisualisasikan, menganalisis, dan menyebarkan data spasial kebencanaan secara interaktif [4]. Sistem informasi geografis (SIG) dikembangkan untuk memungkinkan pemetaan yang lebih akurat dan komprehensi [5]. Dengan adanya system GIS berbasis web, data lokasi rawan kebakaran dan sebaran sumber daya dapat diintegrasikan ke dalam satu platform peta digital. Hal ini memungkinkan pemangku kepentingan, seperti Dinas Pemadam Kebakaran, untuk mengakses informasi terbaru kapan saja dan di mana saja [6]. Oleh karena itu, perancangan website GIS yang interaktif menjadi krusial untuk mendukung manajemen bencana kebakaran di Minahasa.

Namun, memiliki peta digital saja belum cukup untuk menjamin respons yang optimal. Tantangan berikutnya adalah menentukan rute terpendek atau tercepat dari pos pemadam terdekat ke lokasi kebakaran, atau dari lokasi kebakaran ke sumber daya air terdekat. Di sinilah letak nilai tambah dari penelitian ini, yaitu dengan menerapkan algoritma pencarian rute. Algoritma Dijkstra merupakan salah satu metode paling fundamental dan efisien dalam menyelesaikan masalah pencarian rute terpendek (shortest path problem) pada sebuah graf berbobot [7]. Algoritma ini mampu menghitung jarak terpendek dari satu titik (node) ke semua titik lain dalam jaringan, seperti jaringan jalan.

Penerapan Algoritma Dijkstra dalam konteks GIS kebencanaan sangat relevan. Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa algoritma ini berhasil digunakan untuk menentukan rute terdekat armada pemadam kebakaran, yang secara signifikan dapat mengurangi waktu tempuh menuju lokasi insiden [8]. Selain itu, algoritma ini juga vital dalam penentuan rute evakuasi bencana, yang menunjukkan urgensinya dalam situasi darurat [9]. Dengan mengintegrasikan Algoritma Dijkstra, system GIS yang akan dibangun tidak hanya mampu menunjukkan “di mana” lokasi rawan dan sumber daya berada, tetapi juga “bagaimana” cara tercepat untuk menjangkaunya.

Adapun unsur kebaruan (novelty) dalam penelitian ini terletak pada integrasi Sistem Informasi Geografis berbasis web dengan Algoritma Dijkstra yang didukung oleh Open Source Routing Machine (OSRM) dalam konteks mitigasi dan penanganan kebakaran di Kabupaten Minahasa. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada pemetaan lokasi rawan atau penerapan algoritma rute secara terpisah, penelitian ini menggabungkan visualisasi spasial interaktif, analisis rute terpendek berbasis jaringan jalan actual, serta penjabaran informasi secara real time dalam satu platform web. Integrasi tersebut diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah sekaligus solusi praktis bagi peningkatan kecepatan respons dan efektivitas pengambilan keputusan dalam penanggulangan bencana kebakaran di tingkat daerah.

II. Metode

1. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian Penelitian ini dilaksanakan pada Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Minahasa. Waktu pelaksanaan penelitian ini direncanakan berlangsung selama 5 (lima) bulan, dimulai dari bulan Agustus 2025 sampai dengan bulan Desember 2025.

2. Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang akurat dan relevan dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa teknik pengumpulan data. Metode-metode ini digunakan untuk memahami proses bisnis yang sedang berjalan, mengidentifikasi kebutuhan sistem, dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk implementasi.

a. Observasi

Penulis melakukan pengamatan langsung di Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Minahasa. Observasi ini bertujuan untuk melihat dan memahami alur kerja (proses bisnis) saat ini terkait pemetaan lokasi rawan kebakaran dan pendataan sumber daya. Metode ini membantu memvalidasi permasalahan yang diidentifikasi di Bab 1, khususnya terkait proses yang masih manual dan statis.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur dengan pihak-pihak terkait di Dinas Pemadam Kebakaran, seperti staf administrasi yang bertanggung jawab atas pendataan dan pimpinan yang memahami alur komando. Tujuan wawancara adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem yang akan dirancang, serta untuk mengkonfirmasi data-data penting yang perlu dimasukkan ke dalam sistem GIS.

c. Studi Literatur dan Dokumentasi

Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan, membaca, dan menganalisis sumber-sumber tertulis yang relevan dengan penelitian.

- 1) Studi Literatur: Meliputi penelaahan jurnal ilmiah (seperti yang telah diuraikan di Bab 2.2), buku teks, dan artikel yang berkaitan dengan GIS, Algoritma Dijkstra, pemetaan bencana, dan teknologi pengembangan web (seperti PHP, Leaflet.js).
- 2) Studi Dokumentasi: Meliputi pengumpulan dokumen teknis sistem yang menjelaskan arsitektur, database, dan alur kerja aplikasi yang sudah ada. Selain itu, penulis juga mengumpulkan dokumen dari instansi terkait (jika ada), seperti data historis kebakaran, daftar pos pemadam, dan peta wilayah administrasi Minahasa [9].

3. Metode Pengembangan Sistem (Waterfall)

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Waterfall (Model Air Terjun). Metode ini dipilih karena pendekatannya yang sistematis dan sekuensial (runut), di mana setiap tahapan harus diselesaikan terlebih dahulu secara penuh sebelum dapat melangkah ke tahapan berikutnya.

Alur dari model Waterfall ini memastikan bahwa setiap aspek, mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian, terdokumentasi dengan baik. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam model Waterfall pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Waterfall Model for System Development

Figure 3.1: Diagram Model Waterall

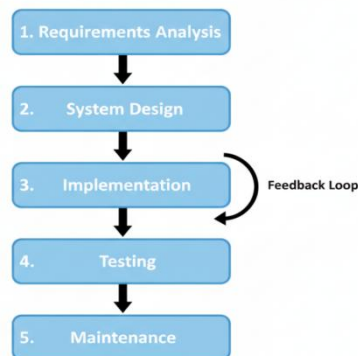


Figure 1. *Waterfall model System development*

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap tahapan:

a. Analisis Kebutuhan (Requirement Planning)

Tahap ini merupakan tahapan awal untuk mengumpulkan semua kebutuhan sistem. Kegiatan ini merupakan kelanjutan dari teknik pengumpulan data (observasi dan wawancara) yang telah dijelaskan pada poin 2.

- 1) Analisis proses bisnis berjalan (BPM As-Is): Hasil observasi mengenai alur kerja manual di Dinas Pemadam Kebakaran dianalisis dan dimodelkan dalam Business Process Medoling (BPM) As-Is (Sebelum). Ini menggambarkan proses pemetaan dan permintaan data yang ada pada saat ini.
- 2) Identifikasi Kebutuhan: Berdasarkan analisis masalah, diidentifikasi kebutuhan fungsional (apa yang harus system lakukan) dan non fungsional (bagaimana system melalukannya).

- a) Kebutuhan fungsional utama adalah:
- b) Sistem dapat mengelola data titik (Pos Damkar, Sumber Air, Rawan Kebakaran).
- c) Sistem dapat menampilkan data titik dan batas wilayah (GADM) pada peta interaktif.
- d) Sistem dapat menghitung dan menampilkan rute terpendek menggunakan Algoritma Dijkstra.
- e) Sistem memiliki dashboard admin untuk manajemen data.

3) Perancangan Sistem (Design)

Setelah semua kebutuhan didefinisikan, tahap selanjutnya adalah merancang arsitektur dan logika sistem secara rinci. Tahap ini adalah cetak biru (blue print) dari aplikasi

- a) Perancangan Proses Bisnis Usulan (BPM To-Be) Dirancang alur kerja sama system baru yang terotomatisasi sebagai solusi atas masalah di BPM As-Is. Alur baru ini digambarkan dalam BPM To-Be (Sesudah).
- b) Perancangan Interaksi (Use Case): Interaksi antara actor (Admin dan Publik) dengan fungsionalitas system dirancang menggunakan Use Case Diagram.
- c) Perancangan Database (ERD): Struktur database rasional dirancang menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD). Rancangan ini mencakup tabel-tabel utama seperti titik (untuk data lokasi) dan riwayat_kebakaran, beserta relasi dan atributnya.
- d) Perancangan Antarmuka (UI/UX): Merancang tata letak dan tampilan visual (UI) untuk halaman publik (peta) dan halaman dashboard admin.

4) Implementasi (Implementation)

Tahap ini adalah proses penerjemahan hasil perancangan (dari tahap 3.3.2) ke dalam baris-baris kode program yang fungsional.

- a) Backend: Membangun sisi server menggunakan PHP. Ini mencakup pembuatan skrip koneksi database (db.php), endpoint API untuk menyuplai data ke peta (get data.php). dan logika autentikasi admin (login.php)
- b) Algoritma: mengimplementasikan algoritma dijkstra di sisi server menggunakan file dijkstra.php.
- c) Fronted: membangun sisi jlien (antarmuka) menggunakan HTML dan Bootstrap (untuk tata ketak). Fungsionalitas peta interaktif dibangun menggunakan library Leaflet.js, serta skrip kustom (leaflet_custom.js) untuk memuat data GeoJSON (GADM) dan menampilkan rute hasil kalkulasi PSRM dan Dijkstra.
- d) Database: Membuat database MySQL (damkar_gis) dan tabel-tabel sesuai rancangan ERD.

5) Pengujian (Testing)

Setelah sistem selesai dibangun (diimplementasikan), tahap selanjutnya adalah pengujian untuk menemukan kesalahan (bug) dan memastikan sistem berjalan sesuai kebutuhan.

- a) Metode pengujian yang digunakan adalah Black Box Testing. Pengujian ini berfokus pada fungsionalitas (output) tanpa melihat struktur kode internal (input).
- b) Skenario pengujian mencakup:
 - (1) Menguji fungsionalitas login admin.
 - (2) Menguji fungsionalitas CRUD (Tambah, Edit, Hapus) pada data titik.
 - (3) Menguji filter peta berdasarkan kecamatan dan desa (GADM).
 - (4) Menguji fungsionalitas pencarian rute Dijkstra + OSRM.
 - (5) Menguji fitur rekomendasi sumber air terdekat [10].

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merupakan penjabaran dari hasil analisis kebutuhan (tahap 3.3.1) yang telah diidentifikasi sebelumnya. Pada bagian ini, disajikan blueprint atau cetak biru dari arsitektur sistem yang diusulkan. Hasil perancangan ini menjadi panduan pada tahap implementasi (penerjemahan ke dalam kode program). Hasil perancangan mencakup Pemodelan Proses Bisnis (BPM), Use Case Diagram, Entity Relationship Diagram (ERD), dan perancangan antarmuka (UI).

a. Pemodelan Proses Bisnis (BPM)

Pemodelan proses bisnis digunakan untuk menggambarkan alur kerja, baik alur kerja yang sedang berjalan (As-Is) maupun alur kerja yang diusulkan (To-Be) setelah sistem baru diterapkan.

1) BPM As-Is (Proses Bisnis Berjalan/Sebelum)

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di Dinas Pemadam Kebakaran Minahasa, alur kerja saat ini untuk pemetaan dan respons insiden masih berjalan secara manual dan terpisah-pisah.

- a) Alur Pemetaan Data: Proses pendataan lokasi rawan kebakaran dan sumber daya (seperti pos damkar atau hidran) dilakukan oleh staf administrasi. Data tersebut dicatat dalam buku catatan atau lembar kerja (spreadsheet) di komputer lokal. Jika ada pembaruan data (misal: hidran baru), staf harus memperbarui dokumen tersebut secara manual. Peta yang ada mungkin hanya peta cetak statis yang ditempel di dinding, yang tidak mudah diperbarui.
- b) Alur Respons Insiden: Saat terjadi insiden kebakaran, petugas piket menerima laporan (misal: via telepon). Petugas kemudian harus mencari data lokasi insiden secara manual di peta cetak atau mengandalkan pengetahuan (hafalan) tim lapangan. Untuk menentukan pos terdekat atau sumber air terdekat, petugas mengandalkan estimasi manual. Informasi ini kemudian disampaikan kepada tim lapangan melalui radio atau telepon. Alur ini lambat, rentan terhadap kesalahan estimasi, dan bergantung pada pengetahuan individu [11].

2) BPM To-Be (Proses Bisnis Usulan/Sesudah)

- a) Setelah website GIS interaktif ini diterapkan, alur kerja menjadi terotomatisasi, terpusat, dan interaktif. Proses bisnis dibagi menjadi dua alur utama, yaitu alur untuk Admin dan alur untuk Publik (termasuk tim lapangan).
- b) Alur Admin (Manajemen Data): Seorang Admin (staf yang ditugaskan) melakukan login ke dashboard admin (admin/login.php). Admin dapat mengelola semua data secara terpusat melalui formulir di dashboard. Jika ada sumber air baru, Admin membuka menu "Data Titik" (admin/data_titik.php), menambahkan data baru, dan data tersebut akan otomatis tersimpan di database MySQL (damkar_gis). Data yang baru ditambahkan ini akan langsung real-time muncul di peta interaktif yang dilihat oleh Publik.
 - (1) Alur Publik/Tim Lapangan (Pemanfaatan Data): Seorang pengguna (Publik atau Petugas Lapangan) mengakses halaman utama (index.php). Sistem secara otomatis memuat peta Leaflet.js dan mengambil data terbaru dari database (melalui get_data.php) untuk menampilkan semua titik pos, sumber air, dan lokasi rawan.
 - (2) Saat Terjadi Insiden: Petugas dapat langsung membuka website, melihat lokasi insiden di peta, dan mengklik fitur "Buat Jalur". Sistem akan otomatis memanggil Algoritma Dijkstra (dijkstra.php) dan OSRM untuk menghitung dan menampilkan rute terpendek di peta dari pos terdekat ke lokasi insiden.
 - (3) Saat Mencari Sumber Air: Sistem juga dapat secara otomatis memberikan rekomendasi sumber air aktif terdekat jika pengguna berada di area rawan kebakaran [12].

b. Use Case Diagram

Use Case Diagram (Diagram Kasus Penggunaan) digunakan untuk memodelkan fungsionalitas sistem secara visual. Diagram ini menggambarkan interaksi yang terjadi antara aktor (pengguna) dengan fitur-fitur (kasus penggunaan) yang disediakan oleh sistem.

Berdasarkan analisis kebutuhan dan alur kerja sistem, terdapat dua aktor utama yang berinteraksi dengan website GIS ini, yaitu Admin dan Publik (atau Pengunjung).

- 1) Admin: Merupakan aktor yang memiliki hak akses penuh untuk mengelola data backend sistem. Admin harus melakukan login terlebih dahulu untuk mengakses fungsionalitasnya.
- 2) Publik (Pengunjung): Merupakan aktor yang dapat mengakses halaman utama sistem (index.php) secara langsung. Aktor ini dapat memanfaatkan fitur-fitur visualisasi peta dan pencarian rute yang tersedia.

Interaksi antara kedua aktor ini dengan sistem akan digambarkan pada diagram use case di bawah ini.

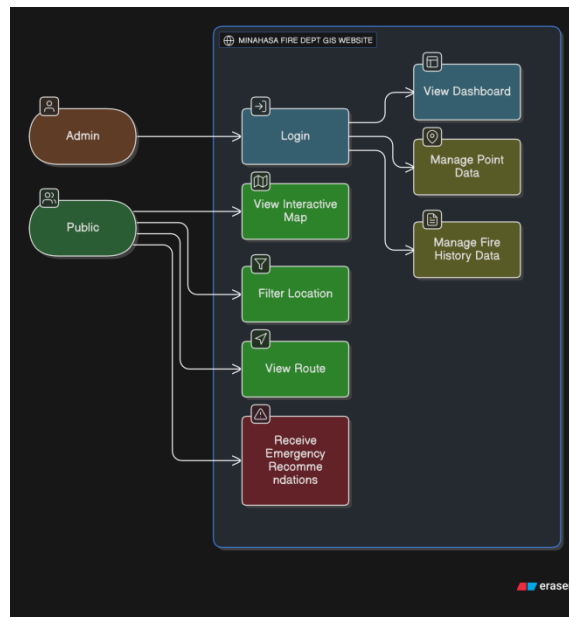


Figure 2. Use Case Diagram

(Source : Create with Eraser.io Website)

Berdasarkan Use Case Diagram di atas, Aktor Admin berinteraksi dengan sistem melalui proses Login. Use case Login ini menjadi gerbang untuk mengakses fungsionalitas admin lainnya, yaitu View Dashboard, Manage Point Data, dan Manage Fire History Data.

Aktor Publik dapat langsung mengakses empat use case utama: View Interactive Map untuk melihat peta, Filter Location untuk menyaring data berdasarkan wilayah, View Route untuk meminta perhitungan rute Dijkstra/OSRM , dan Receive Emergency Recommendations untuk mendapatkan rekomendasi sumber air terdekat secara otomatis [13].

Penjelasan yang lebih rinci mengenai fungsionalitas dari setiap use case yang telah diidentifikasi pada diagram di atas dijabarkan dalam Tabel 1.

No.	Use Case	Aktor	Deskripsi
UC-01	Login	Admin	Aktor memasukkan username dan password pada halaman admin/login.php untuk diverifikasi oleh sistem sebelum mendapatkan hak akses ke dashboard.
UC-02	View Dashboard	Admin	Sistem menampilkan halaman admin/dashboard.php yang berisi ringkasan data, card statistik, dan visualisasi grafik (Chart.js) dari data riwayat kebakaran.
UC-03	Manage Point Data	Admin	Aktor mengelola data (Tambah, ubah, hapus) pada halaman data_titik.php. data ini mencakup lokasi pos damkar, sumber air, dan titik rawan kebakaran.
UC-04	Manage Fire History Data	Admin	Aktor mengelola data arsip atau riwayat insiden kebakaran yang telah terjadi pada halaman data_kebakaran.php.
UC-05	View Interactive Map	Publik	Aktor mengakses halaman utama (indec.php) dan sistem menampilkan peta interaktif (Leaflet.js) beserta semua marker (penanda) dan titik yang tersimpan.
UC-06	Filter Location	Publik	Aktor dapat memilih filter berdasarkan Kecamatan atau Desa. System akan membaca data GADM GeoJSON dan menggambar polygon batas wilayah yang dipilih di atas peta.

UC-07	View Rute	Publik	Actor memilih sebuah titik di peta (missal: lokasi kebakaran) dan menekan tombol “Buat Jalur”. System akan memproses permintaan rute menggunakan Dijkstra (PHP) DAN OSRM, lalu menampilkan rute terpendek di peta.
UN-o8	Receive Emergency Recommendations	Publik	Sistem secara otomatis mendeteksi jika lokasi pengguna berada di dekat area rawan dan memicu fungsi recommendNearestWaterOnFire() untuk menampilkan popup rekomendasi sumber air terdekat.

Table 1. Deskripsi Use Case Sistem GIS Damkar Minahasa

c. Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) adalah model data konseptual yang memvisualisasikan struktur logis dari database. ERD ini digunakan untuk merancang database relasional damkar_gis dengan mendefinisikan entitas (tabel), atribut (kolom), dan hubungan (relasi) antar entitas.

Berdasarkan analisis kebutuhan fungsional (seperti mengelola data titik, riwayat kebakaran, dan admin login), dirancanglah sebuah ERD seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

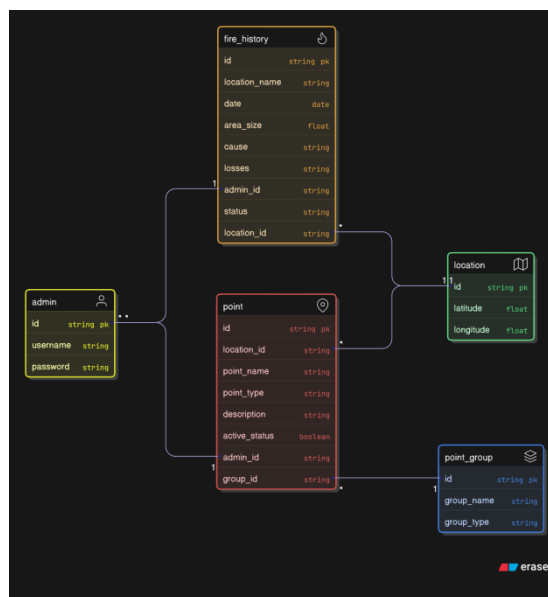


Figure 3. ERD Sistem GIS Damkar Minahasa

Source : Create With Eraser.io

Penjelasan rinci untuk setiap entitas (tabel) yang dirancang pada ERD di atas dijabarkan dalam Tabel 2.

No.	Entitas (Tabel)	Deskripsi Fungsional
E-01	admin	Menyimpan data kredensial (username, password) untuk administrator yang memiliki hak akses mengelola dashboard sistem.
E-02	location	Entitas terpusat untuk menyimpan data spasial murni (koordinat), yaitu latitude dan longitude. Tujuannya untuk normalisasi data agar koordinat yang sama dapat direferensikan oleh beberapa entitas lain.
E-03	point	Menyimpan data atribut (deskripsif) untuk semua titik lokasi di peta. Ini mencakup point_name (nama lokasi), point_type (jenis: pos

		damkar, sumber air, rawan), description, dan active_status.
E-04	Point_gorup	Berfungsi sebagai tabel master (kategori) untuk mengelompokkan jenis-jenis titik yang ada di entitas point (missal” “sumber daya”, “titik rawan”).
E-05	fire_history	Menyimpan data arsip atau riwayat insiden kebakaran yang telah terjadi. Ini mencakup location_name, date (tanggal), area_size, cause (penyebab), dan losses (kerugian).

Table 2. Deskripsi Entitas (Tabel) pada ERD

Relasi antar tabel (digambarkan dengan garis) menunjukkan hubungan logis, seperti relasi One-to-Many dari admin ke point dan fire_history, serta relasi One-to-One dari location ke point dan fire_history. Struktur ini menjadi dasar fisik untuk pembuatan database MySQL yang digunakan dalam tahap implementasi system [14].

d. Perancangan Antarmuka (UI/UX)

Perancangan antarmuka (UI/UX) berfokus pada perancangan pengalaman pengguna yang intuitif dan mudah digunakan. Desain antarmuka ini mengacu pada fungsionalitas yang telah didefinisikan dalam Use Case Diagram dan struktur data dari ERD. Sistem ini dirancang menggunakan framework Bootstrap untuk memastikan tata letak yang responsif.

Rancangan antarmuka dibagi menjadi dua bagian utama: Antarmuka Admin (untuk manajemen data) dan Antarmuka Publik (untuk visualisasi peta).

Rancangan Antarmuka Admin Antarmuka admin dirancang sebagai dashboard terproteksi yang hanya dapat diakses setelah autentikasi.

Halaman Login (Gambar 4): Rancangan halaman login (admin/login.php) dibuat minimalis untuk fokus pada fungsi autentikasi. Halaman ini berisi logo instansi (Dinas Damkar), dua kolom input (Username dan Password), dan satu tombol "Login".

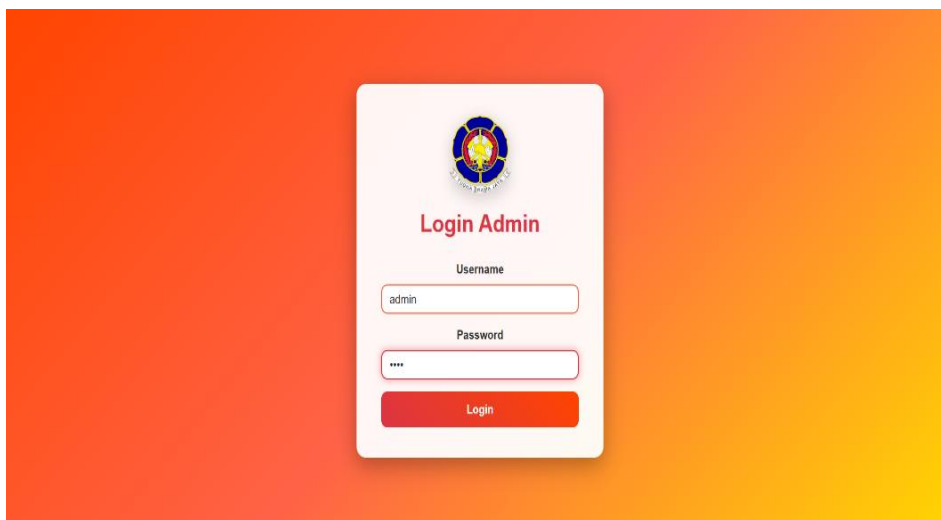


Figure 4. Rancangan Halaman Login Admin

Halaman Dashboard (Gambar 5): Setelah login berhasil, admin diarahkan ke halaman dashboard (admin/dashboard.php). Rancangan halaman ini mengadopsi tata letak dashboard standar:

- 1) Sidebar (Navigasi Kiri): Berisi menu navigasi utama, seperti "Dashboard", "Data Titik", "Data Kebakaran", dan "Logout".
- 2) Area Konten Utama: Menampilkan card statistik (Total Titik, Total Kebakaran, Total Pos Damkar, Total Sumber Air) untuk memberikan ringkasan data secara cepat. Di bawahnya, terdapat fitur visualisasi data menggunakan library Chart.js untuk menampilkan grafik riwayat kebakaran, yang dilengkapi filter berdasarkan periode waktu [15].

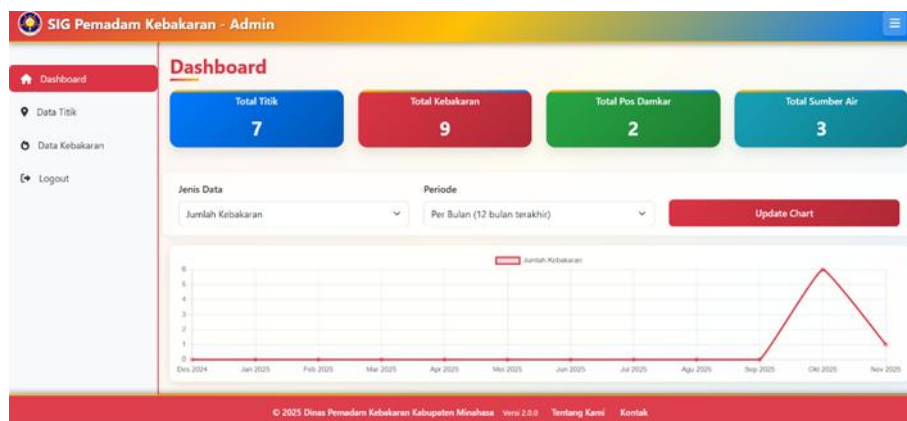


Figure 5. Rancangan Halaman Dashboard Admin

Halaman Manajemen Data (Gambar 6): Rancangan halaman ini (admin/data_titik.php) ditujukan untuk fungsionalitas CRUD (Create, Read, Update, Delete) data. Halaman ini berisi tombol "Tambah Titik" yang akan memunculkan modal (popup) untuk input data. Di bawahnya, disajikan data dalam bentuk tabel yang menampilkan semua data titik (Nama, Jenis, Latitude, Longitude, Deskripsi, Status) yang ada di database.

Nama	Jenis	Latitude	Longitude	Deskripsi	Status
Iya	sumber_air	1.275674	124.889624	rrrr	Tidak Ases
Tondano2	pos_damkar	1.233048	124.866218	rrrr44r	Ases
Siaga	sumber_air	1.251318	124.897952	shdffdjg	Ases
Unima	rawan_kebakaran	1.267363	124.874338	padat	Tidak Ases
contoh	sumber_air	1.275599	124.887958	ewew err	Ases
Taaran	rawan_kebakaran	1.282474	124.877772	Rumah kayu banyak	Ases
truu	pos_damkar	1.308982	124.853544	ggggggd	Ases

Figure 6. Rancangan Halaman Manajemen Data Titik

Rancangan Antarmuka Publik (Halaman Peta) Antarmuka publik (index.php) dirancang sebagai halaman utama bagi pengguna untuk mengakses data GIS secara interaktif.

Halaman Peta Interaktif (Gambar 7): Rancangan halaman ini terdiri dari dua kolom utama:

- 1) Area Peta (Kanan): Area dominan yang menampilkan peta interaktif menggunakan library Leaflet.js. Peta ini berfungsi sebagai kanvas untuk menampilkan marker lokasi dan poligon rute.
- 2) Panel Kontrol (Kiri): Sidebar ini berisi semua alat interaksi. Bagian atas berisi Filter Lokasi (dropdown "Pilih Kecamatan") yang berfungsi untuk menyaring data berdasarkan batas wilayah GADM. Di bawahnya terdapat Rekomendasi Cepat (tombol "Cari Sumber Air Terdekat" dan "Cari Pos Damkar Terdekat") yang akan memicu fungsionalitas pencarian rute. Bagian terakhir adalah Index Lokasi yang menampilkan legenda dan jumlah total data (Pos Damkar, Sumber Air, Rawan Kebakaran) yang sedang ditampilkan di peta.

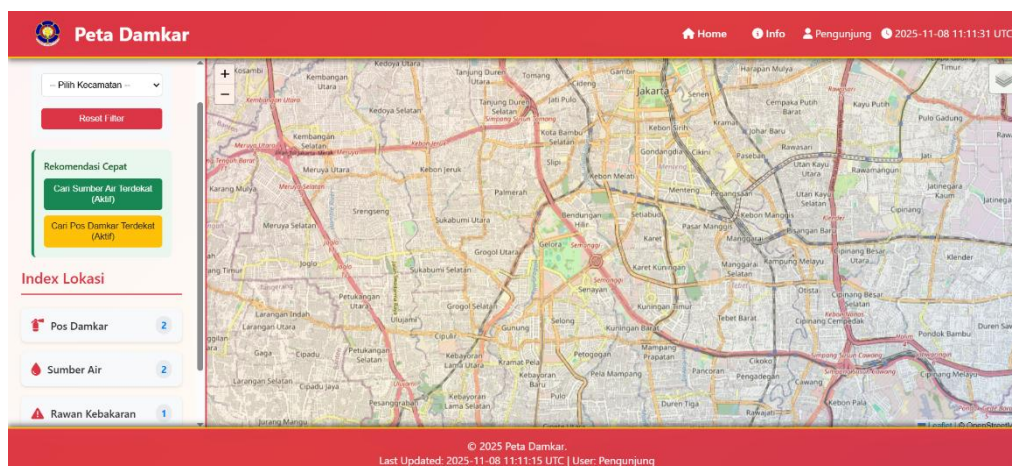


Figure 7. Rancangan Halaman Peta Interaktif Publik

B. Implementasi Sistem

Bagian ini menjelaskan hasil implementasi sistem yang sudah jadi, yang merupakan wujud fungsional dari rancangan yang telah dibahas di 1.. Sistem ini dibangun menggunakan PHP , database MySQL , dan library Leaflet.js untuk antarmuka peta.

Berikut adalah penjelasan fungsionalitas dari halaman-halaman utama berdasarkan screenshot yang telah ada.

a. Implementasi Halaman Login

Halaman login (Gambar 8) merupakan implementasi dari antarmuka yang dirancang pada admin/login.php. Halaman ini berfungsi sebagai gerbang autentikasi untuk Aktor Admin (sesuai use case UC-01).

Fungsionalitasnya adalah:

- 1) Sistem menyediakan form input untuk Username dan Password.
- 2) Ketika tombol "Login" ditekan, skrip PHP di backend akan memvalidasi kredensial yang dimasukkan dengan data yang ada di tabel admin dalam database.
- 3) Jika valid, sistem akan membuat sebuah session dan mengarahkan admin ke halaman dashboard (admin/dashboard.php). Jika gagal, akan muncul notifikasi.

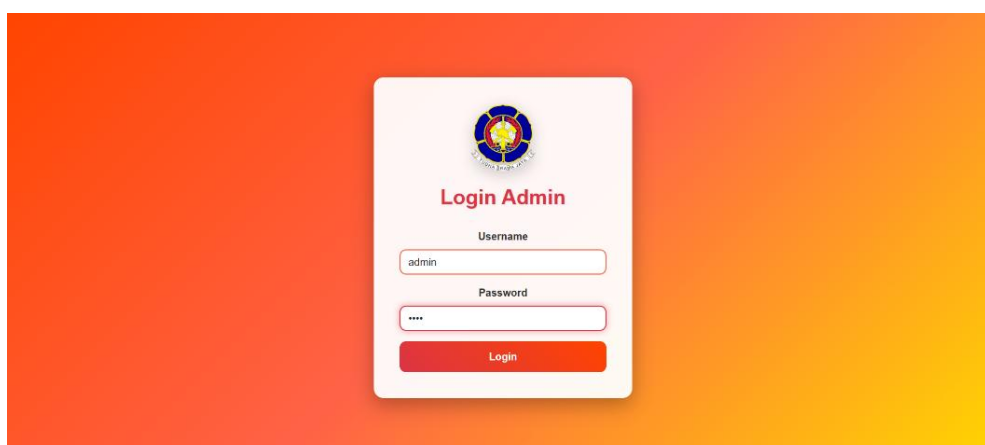


Figure 8. Implementasi Halaman Login Admin

b. Implementasi Halaman Dashboard

Halaman dashboard (Gambar 9) adalah halaman utama yang dilihat admin setelah berhasil login, yang beralamat di admin/dashboard.php.

Fungsionalitasnya adalah:

- 1) Navigasi: Terdapat sidebar (panel navigasi kiri) yang persisten, memungkinkan admin berpindah ke menu "Dashboard", "Data Titik", dan "Data Kebakaran".
- 2) Card Statistik: Bagian konten utama menampilkan card statistik yang datanya diambil secara dinamis dari database, seperti "Total Titik", "Total Kebakaran", "Total Pos Damkar", dan "Total Sumber Air".
- 3) Visualisasi Data: Halaman ini mengimplementasikan library Chart.js untuk menampilkan grafik "Jumlah Kebakaran". Grafik ini bersifat dinamis dan dapat difilter berdasarkan periode (misalnya "Per Bulan (12 bulan terakhir)") untuk membantu admin menganalisis tren insiden.

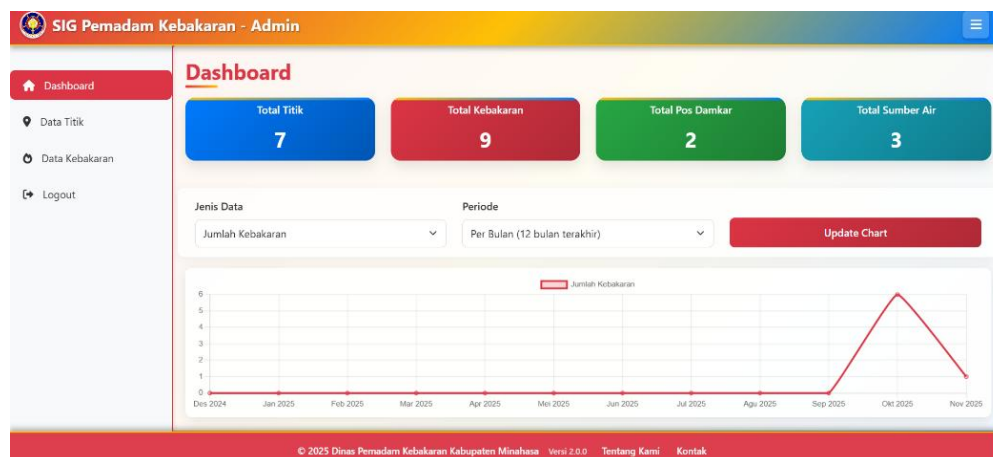


Figure 9. Implementasi Halaman Dashboard Admin

c. Implementasi Manajemen Data

Halaman Manajemen Data (Gambar 10), khususnya admin/data_titik.php, adalah implementasi dari use case Manage Point Data (UC-03).

Fungsionalitasnya adalah:

- 1) Menampilkan Data (Read): Halaman ini menampilkan semua data yang tersimpan dalam tabel titik dalam format tabel yang terstruktur (Nama, Jenis, Latitude, Longitude, Deskripsi, Status).
- 2) Membuat Data (Create): Terdapat tombol "Tambah Titik". Tombol ini akan memicu modal (popup) yang berisi formulir untuk memasukkan data titik baru.
- 3) Mengelola Data (Update/Delete): Proses update dan delete data ditangani melalui script AJAX (ajax_titik.js), sehingga admin dapat mengelola data tanpa perlu me-refresh seluruh halaman.
- 4) Status Kontrol: Terdapat indikator status "Aktif" dan "Tidak Aktif", yang krusial untuk fitur rekomendasi (misalnya, agar hanya sumber air yang "Aktif" yang direkomendasikan).

Nama	Jenis	Latitude	Longitude	Deskripsi	Status
Iya	sumber_air	1.275674	124.889624	rrrr	Tidak Aktif
Tondano2	pos_damkar	1.233048	124.866218	rw44r	Aktif
Siaga	sumber_air	1.251318	124.897952	sfsdffdg	Aktif
Unima	rawan_kebakaran	1.267363	124.874338	padat	Tidak Aktif
contoh	sumber_air	1.275599	124.887958	ewew enr	Aktif
Taaran	rawan_kebakaran	1.282474	124.877772	Rumah kayu banyak	Aktif
truu	pos_damkar	1.308982	124.853544	ggsgsgd	Aktif

Figure 10. Implementasi Halaman Manajemen Data Titik

d. Implementasi Halaman Peta Interaktif (Publik)

Halaman Peta Interaktif (Gambar 11) adalah antarmuka utama bagi publik (index.php) dan merupakan implementasi inti dari sistem GIS ini.

Fungsionalitasnya adalah:

- 1) Peta Interaktif: Sistem ini menggunakan library Leaflet.js untuk memuat peta dasar (dari OpenStreetMap) dan menampilkan semua marker (penanda) dari tabel titik yang diambil melalui get_data.php.
- 2) Panel Kontrol (Sidebar): Di sebelah kiri, terdapat panel kontrol fungsional:
- 3) Filter Lokasi: Implementasi dropdown "Pilih Kecamatan". Fitur ini memuat data GADM GeoJSON untuk memfilter data dan menggambar poligon batas wilayah di peta.
- 4) Rekomendasi Cepat: Terdapat tombol "Cari Sumber Air Terdekat (Aktif)" dan "Cari Pos Damkar Terdekat (Aktif)". Ini adalah implementasi dari fitur rekomendasi yang akan memicu pencarian rute.
- 5) Index Lokasi: Berfungsi sebagai legenda dinamis yang menghitung jumlah data (Pos Damkar, Sumber Air, Rawan Kebakaran) yang tampil di peta.

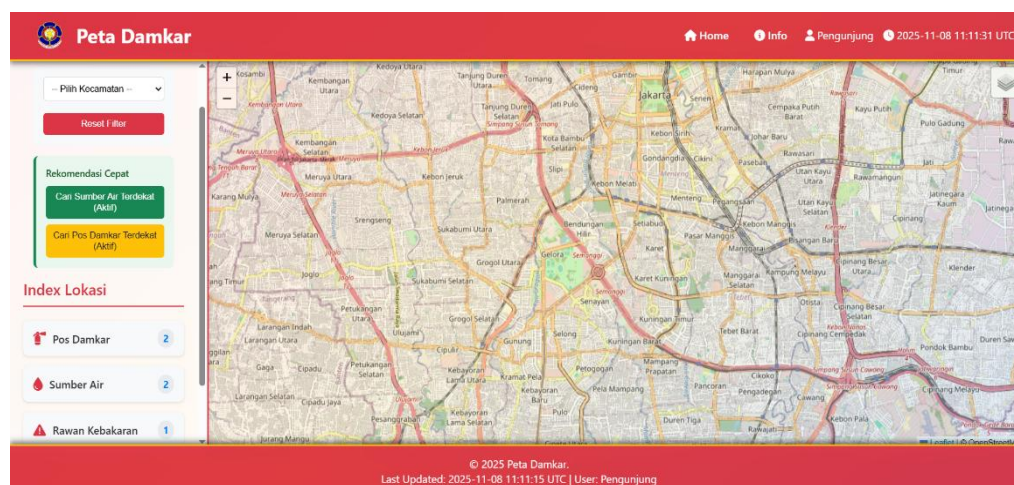


Figure 11. Implementasi Halaman Peta Interaktif Publik

e. Implementasi Batas Wilayah (GADM)

Untuk menyediakan fungsionalitas pemfilteran data berdasarkan lokasi administratif, sistem ini tidak membuat data poligon sendiri, melainkan mengimplementasikan data dari GADM (Global Administrative Areas Database).

Fungsionalitas ini z_berfokus pada penggunaan file berformat GeoJSON yang disimpan dalam repository (folder geojson/):

- 1) gadm41_IDN_3.json: Berisi data poligon batas wilayah level 3 (Kecamatan).
- 2) gadm41_IDN_4.json: Berisi data poligon batas wilayah level 4 (Desa).

Alur kerja implementasinya adalah sebagai berikut:

- 1) Filter Antarmuka: Pengguna (Publik) memilih nama Kecamatan atau Desa dari dropdown filter yang tersedia di sidebar (seperti terlihat pada Gambar 4.10).
- 2) Pemuatan Data: Skrip utama (leaflet_custom.js) akan memuat file GeoJSON yang relevan.
- 3) Penggambaran Poligon: system kemudian memanggil fungsi (seperti drawSelectedKecamatan()) yang menggambarkan perintah L.geoJSON () dari library Leaflet untuk membaca data GADM dan menggambar polygon batas wilayah yang dipilih di atas peta.
- 4) Validasi Area: Fungsionalitas ini juga mencakup validasi untuk memeriksa apakah sebuah titik (marker) berada di dalam area polygon yang difilter(menggunakan is PointInFilteredArea()) sehingga data yang ditampilkan sesuai dengan filter yang dipilih.

Implementasi GADM ini memberikan keuntungan besar dalam hal akurasi data batas wilayah, yang krusial untuk <https://ijins.umsida.ac.id>, published by [Universitas Muhammadiyah Sidoarjo](https://ijins.umsida.ac.id)

Copyright © Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

pemfilteran data rawan kebakaran atau sumber daya di area administratif yang spesifik.

f. Implementasi Fungsionalitas Rute (Dijkstra + OSRM)

Implementasi fungsionalitas rute adalah fitur utama yang menjadi jawaban atas rumusan masalah kedua dalam penelitian ini. Sesuai dengan hasil perancangan dan dokumentasi sistem, fungsionalitas ini tidak hanya menggunakan Algoritma Dijkstra, tetapi mengkombinasikannya dengan OSRM (Open Source Routing Machine) untuk menghasilkan rute di jaringan jalan raya yang sesungguhnya.

Alur kerja implementasi fungsionalitas rute ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pemicu (Event Trigger): Fungsionalitas ini dipicu ketika Aktor Publik (pengguna) mengklik tombol "Buat Jalur" pada popup marker di peta, atau melalui tombol "Rekomendasi Cepat" di sidebar (seperti pada Gambar 4.10).
- 2) Pemrosesan Sisi Server (Backend): Ketika dipicu, frontend (menggunakan JavaScript) mengirimkan permintaan ke backend PHP. Skrip di sisi server, khususnya `dijkstra.php`, mengeksekusi Algoritma Dijkstra. Algoritma ini menghitung jarak terpendek berdasarkan graf node-to-node (antar titik-titik penting) yang telah didefinisikan dalam database.
- 3) Integrasi OSRM: Hasil perhitungan node dari Dijkstra kemudian digabungkan dengan OSRM. OSRM adalah layanan routing eksternal yang bertugas menyediakan data jaringan jalan raya yang sebenarnya. OSRM menghitung dan menghasilkan data polyline (haris-haris yang membentuk rute) di atas jalan raya, yang menghubungkan titik awal, node perantara dari Dijkstra, dan titik tujuan.
- 4) Visualisasi Sisi Klien (Frontend): Polyline rute yang dihasilkan oleh OSRM dikirim kembali ke frontend. Fungsi JavaScript (seperti `drawRouteFromPath()`) di `leaflet_custom.js` kemudian mengambil data polyline tersebut dan menggambarannya di atas peta Leaflet.js. Rute ini ditampilkan secara visual beserta popup yang berisi informasi total jarak.

Kombinasi Dijkstra (PHP) untuk logika graf internal dan OSRM untuk penggambaran rute jalan raya eksternal menghasilkan sistem pencarian rute yang akurat dan relevan dengan kondisi jalan yang ada [16].

C. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsionalitas aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan dan rancangan yang telah ditentukan. Tahap ini merupakan bagian dari metodologi Waterfall (poin 3.3.4) untuk menemukan bug atau kesalahan sebelum sistem dianggap selesai.

a. Skenario Pengujian

Metode pengujian yang digunakan adalah Black Box Testing. Pengujian black box berfokus pada fungsionalitas sistem (input dan output) tanpa melihat struktur kode internalnya. Pengujian dilakukan dengan menjalankan skenario-skenario yang didasarkan pada Use Case Diagram (Tabel 4.1) dan rancangan antarmuka.

Pengujian dilakukan dengan memeriksa apakah setiap fungsi, tombol, dan alur kerja menghasilkan output yang diharapkan.

b. Tabel Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian black box pada fungsionalitas-fungsionalitas utama sistem GIS Damkar Minahasa dirangkum dalam Tabel 3.

No	Skenario Pengujian (Use Case)	Input / Langkah-langkah	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Login Admin (UC-01)	1. Buka admin/login.php 2. Input username & password yang salah.	Sistem menampilkan notifikasi "Login Gagal".	Notifikasi "Login Gagal" muncul.	Berhasil
2.	Login Admin (UC-01)	1. Buka admin/login.php 2. Input username & password yang	Sistem berhasil login dan mengarahkan ke halaman admin/dashboard.	Sistem berhasil masuk ke dashboard.	Berhasil

		benar.	php.		
3.	View Dashboard (UC-02)	1. Masuk ke admin/dashboard.php.	Sistem menampilkan card statistik (Total Titik, Total Kebakaran) dan grafik Chart.js.	Card statistik dan grafik tampil dengan data yang benar.	Berhasil
4.	Manage Point Data (UC-03)	1. Masuk ke admin/data_titik.php. 2. Klik tombol "Tambah Titik". 3. Isi form, lalu simpan.	Data baru berhasil tersimpan di database dan muncul di tabel.	Data baru tersimpan dan tampil di tabel.	Berhasil
5.	View Interactive Map (UC-05)	1. Buka halaman utama (index.php).	Peta Leaflet.js berhasil dimuat. Marker (Pos Damkar, Sumber Air) tampil di peta.	Peta dan marker berhasil dimuat.	Berhasil
6.	Filter Location (UC-06)	1. Di index.php, pilih salah satu kecamatan di dropdown filter.	Peta menampilkan poligon batas wilayah GADM untuk kecamatan yang dipilih. Marker di luar area ter-filter.	Poligon batas wilayah berhasil digambar di peta.	Berhasil
7.	View Route (UC-07)	1. Di index.php, klik marker lokasi. 2. Klik tombol "Buat Jalur" pada popup.	Sistem menampilkan polyline (garis rute) terpendek di peta dari pos terdekat (hasil Dijkstra & OSRM).	Garis rute terpendek berhasil muncul di peta.	Berhasil
8.	Receive Emergency Recommendations (UC-08)	1. Di index.php, klik tombol "Cari Sumber Air Terdekat (Aktif)".	Sistem memicu pencarian rute (UC-07) ke sumber air aktif terdekat.	Sistem berhasil menemukan dan menampilkan rute ke sumber air terdekat.	Berhasil

Table 3. Hasil Pengujian Black Box

D. Pembahasan

Pada sub-bab ini, dilakukan pembahasan mendalam mengenai hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah diuraikan sebelumnya. Pembahasan ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana sistem yang dibangun dapat menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan di Bab 1, serta mengevaluasi efektivitas dan fungsionalitas sistem secara keseluruhan.

a. Analisis Hasil Perancangan

Tahap perancangan merupakan fondasi utama dalam penelitian ini, yang berfungsi sebagai cetak biru untuk menerjemahkan kebutuhan fungsional menjadi sistem yang logis.

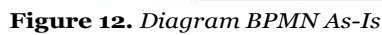


Figure 13. *Diagram BPMN To-Be*

20/23

(spreadsheet) atau peta cetak yang sulit diperbarui. Implementasi (Manajemen Data) sepenuhnya menggantikan proses ini. Dengan adanya antarmuka admin (`data_titik.php`), staf dapat melakukan CRUD (Tambah, Ubah, Hapus) data yang langsung tersimpan di database terpusat (`damkar_gis`).

Efisiensi Akses dan Desiminasi Data: Alur kerja manual (BPM As-Is) memiliki bottleneck besar dalam diseminasi informasi, yang bergantung pada komunikasi radio atau telepon. Implementasi (Halaman Peta Interaktif) menyelesaikan masalah ini. Data yang baru saja diupdate oleh admin dan backned akan otomatis diambil oleh `get_data.php` dan dutampilkan secara realtime di peta Leaflet.js (`index.php`). ini berarti semua petugas di lapangan (Aktor Publik) dapat mengakses data terbaru secara instan dan seragam hanya dengan membuka website.

Sentralisasi Kontrol dan Monitoring: Implementasi (Halaman Dashboard) menyediakan fitur yang tidak pernah ada dalam proses manual, yaitu kemampuan monitoring. Adanya card statistik dan grafik Chart.js memberikan pimpinan atau admin pandangan strategis terhadap total aset dan tren insiden kebakaran, yang sebelumnya tidak mungkin didapat dengan cepat dari tumpukan dokumen.

Secara keseluruhan, analisis implementasi menunjukkan bahwa sistem yang dibangun bukan hanya sebuah alat bantu, melainkan sebuah solusi yang secara fundamental mengubah alur kerja lama (BPM As-Is) dari yang manual, lambat, dan terfragmentasi menjadi alur kerja yang terpusat, real-time, dan terotomatisasi.

c. Analisis Penerapan Algoritma Dijkstra

Sub-bab ini secara khusus membahas jawaban atas rumusan masalah kedua, yaitu bagaimana menerapkan Algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek.

Hasil implementasi hasil pengujian pada Tabel 3 (skenario UC-07) membuktikan bahwa Algoritma Dijkstra telah berhasil diterapkan. Namun, analisis lebih dalam menunjukkan bahwa penerapan ini tidak berdiri sendiri, melainkan menggunakan pendekatan hibrida yang praktis.

Logika Inti (Dijkstra): Algoritma Dijkstra diimplementasikan di sisi server menggunakan PHP (`dijkstra.php`). ini berfungsi sebagai "otak" yang menghitung logika graf terpendek antar node-node penting (titik pos, sumber air, atau persimpangan) yang mungkin telah didefinisikan dalam database.

Visualisasi Rute (OSRM): Hasil perhitungan logika dari Dijkstra kemudian dikombinasikan dengan layanan OSRM (Open Source Routing Machine). OSRM lah yang menyediakan data jaringan jalan raya (road network) yang sesungguhnya. OSRM bertugas "menggambar" polyline rute di atas jalan yang valid di peta Leaflet, berdasarkan node yang telah dihitung oleh Dijkstra.

Kombinasi ini sangat efektif. Algoritma Dijkstra menangani inti masalah shortest path secara efisien di backend, sementara OSRM menangani kompleksitas data jaringan jalan raya di dunia nyata. Hasilnya adalah fungsionalitas View Route (UC-07) dan Receive Emergency Recommendations (UC-08) yang terbukti Berhasil dalam pengujian.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian untuk menerapkan algoritma pencarian rute terpendek telah tercapai melalui implementasi gabungan antara Algoritma Dijkstra dan layanan OSRM.

d. Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Berdasarkan keseluruhan hasil implementasi dan pengujian, sistem GIS Damkar Minahasa yang dibangun memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang dapat diidentifikasi.

1) Kelebihan Sistem

- Data Terpusat dan Real-time:** Sistem ini berhasil mengubah proses kerja manual yang datanya terfragmentasi menjadi terpusat. Data yang diupdate oleh admin (`data_titik.php`) dapat langsung diakses oleh public (`index.php`), sehingga meningkatkan validitas dan kecepatan akses data. Kondisi ini mendukung konsistensi data lintas pengguna serta meminimalkan potensi kesalahan informasi saat terjadi kondisi darurat.
- Interaktivitas Tinggi:** Penggunaan library Leaflet.js dan data GADM GeoJSON memberikan pengalaman pengguna yang interaktif. Fitur filter berdasarkan kecamatan/desa sangat membantu dalam analisis visual area spesifik. Interaktivitas ini memudahkan petugas maupun masyarakat dalam memahami sebaran kerawanan kebakaran secara spasial tanpa memerlukan keahlian teknik khusus.
- Fungsionalitas Rute yang Aplikatif:** Implementasi gabungan Algoritma Dijkstra dan OSRM (`dijkstra.php`) berhasil menyediakan fungsionalitas pencarian rute terpendek yang praktis dan dapat dipaliskasikan langsung untuk respons darurat. Fitur ini berpotensi menurunkan waktu tempuh petugas pemadam kebakaran menuju lokasi kejadian maupun sumber air terdekat,
- Fitur Pendukung Keputusan:** Adanya fitur "Rekomendasi Cepat" sumber air aktif dan "Dashboard" (Chart.js) memberikan nilai tambah sebagai alat bantu pengambilan keputusan (Decision Support System) sederhana bagi

admin dan petugas lapangan. Visualisasi statistik pada dashboard membantu pemantauan kondisi sumber daya secara ringkas dan informatif.

2) Kekurangan Sistem

- a) Ketergantungan Koneksi Eksternal: Fungsionalitas inti sistem sangat bergantung pada koneksi internet, tidak hanya untuk mengakses website, tetapi juga untuk memuat peta dasar (OpenStreetMap) dan terutama untuk memanggil layanan routing OSRM. Jika layanan OSRM down atau koneksi internet terputus, fitur pencarian rute akan gagal.
- b) Data Statis (Non-Sensor): Data yang ditampilkan (seperti "status aktif" sumber air) masih bergantung pada input manual dari admin. Sistem belum terintegrasi dengan sensor Internet of Things (IoT) yang dapat memberikan data real-time (misalnya, volume air di hidran).
- c) Pembaruan Data GADM: Data batas wilayah GADM bersifat statis (file .json). Jika terjadi pemekaran wilayah (kecamatan/desa baru), admin tidak dapat mengubahnya melalui dashboard, melainkan developer harus memperbarui file GeoJSON di source code [18].

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi, dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan yang menjawab rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun sebuah website GIS (Geographic Information System) yang interaktif untuk pemetaan lokasi rawan kebakaran dan sumber daya pendukung (Pos Damkar, Sumber Air) di wilayah Minahasa. Sistem ini dibangun menggunakan PHP di sisi backend, database MySQL (damkar_gis), dan library Leaflet.js di sisi frontend. Hasil implementasi (poin 2) dan pengujian (poin 3) membuktikan sistem ini mampu menyediakan antarmuka admin untuk mengelola data titik secara terpusat dan antarmuka public untuk memvisualisasikan data tersebut secara interaktif, menggantikan proses manual yang statis.
2. Algoritma Dijkstra telah berhasil diterapkan pada website GIS yang dibangun untuk menentukan rute terpendek. Implementasi ini dilakukan di sisi server menggunakan skrip PHP (disktra.php) yang dikombinasikan dengan layanan OSRM (Open Source Routing Machine). Hasil pengujian black box (Tabel 4.3, skenario UC-07 dan UC-08) menunjukkan bahwa fungsionalitas ini berhasil menyediakan visualisasi rute terpendek di peta, baik untuk mencari lokasi kebakaran maupun untuk merekomendasikan sumber air terdekat (Rekomendasi Cepat). Secara praktis, fitur ini berpotensi membantu petugas pemadam kebakaran dalam mempercepat waktu respons darurat serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia di lapangan.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain ketergantungan sistem terhadap koneksi internet dan layanan eksternal (OSRM), serta penggunaan data yang lebih masih bersifat statis dan belum terintegrasi dengan sensor real time.

Sebagai pengembangan lanjutan, sistem ini dapat ditingkatkan melalui integrasi data real time seperti sensor kebakaran, informasi lalu lintas, atau laporan masyarakat berbasis aplikasi mobile, serta penerapan analisis spasial prediktif untuk memperkirakan tingkat risiko kebakaran. Pengembangan tersebut diharapkan dapat memperluas kontribusi penelitian ini tidak hanya sebagai media pemetaan, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan (Decision Support System) yang lebih komprehensif dalam manajemen kebencanaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terselesaikannya artikel ini, terutama pihak terkait di Kabupaten Minahasa, dosen pembimbing, dan rekan-rekan yang telah memberikan saran dan bantuan. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan sistem informasi geografis dan mitigasi kebakaran di Minahasa.

References

1. M. Arsyad, "Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Bencana Kebakaran Permukiman di Kota Makassar," Skripsi, Univ. Hasanuddin, 2023.
2. B. Santoso, "Peran Sistem Informasi dalam Manajemen Bencana: Studi Kasus Penanganan Kebakaran di Indonesia," Jurnal Manajemen Bencana Indonesia (JMBI), vol. 2, no. 1, pp. 45–56, 2021.
- A. Wilson Siahaan and E. Moningkey, "Inovasi Perancangan Website Profil BPJS Kesehatan Kota Tomohon," Journal of Informatics, Business, Education and Innovation Technology, vol. 3, no. 3, pp. 1–12, 2025.
- B. Yulian, E. Safitri, and R. Utami, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Titik Rawan Kebakaran Hutan dan Lahan Berbasis Web di Kabupaten Kubu Raya," Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN), vol. 10, no. 2, pp. 214–223, 2022.
3. E. Pontoh, V. P. Rantung, and K. Santa, "Aplikasi Sistem Informasi Geografis Pemetaan Zonasi Wisata di Kota Tomohon Menggunakan Metode Rapid Application Development," Jurnal Teknologi Informatika, Bisnis, Pendidikan dan Inovasi, vol. 2, no. 5, pp. 92–104, 2024.
- A. Kurniati, M. Na'im, and B. Sugihartono, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Fasilitas Kesehatan dan Rute Terdekat

- Menggunakan Algoritma Dijkstra di Kota Manado Berbasis Web,” *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 5, no. 2, pp. 455–464, 2024.
4. D. A. Putra and A. Wibowo, “Implementasi Algoritma Dijkstra untuk Penentuan Rute Terpendek Lokasi SPBU Berbasis GIS,” *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 4, no. 2, pp. 487–495, 2023.
 5. Y. A. Pratama, N. Hidayat, and I. F. Astuti, “Implementasi Algoritma Dijkstra pada Aplikasi Pencarian Rute Terdekat (Studi Kasus: Pemadam Kebakaran Kota Pontianak),” *Jurnal Sistem Komputer (JASISKO)*, vol. 3, no. 1, pp. 18–26, 2021.
 6. D. Hardianti, “Perancangan Sistem Informasi Geografis (SIG) Pemetaan Lokasi Praktek Dokter Gigi di Kota Palembang Berbasis Web,” *Skripsi, Univ. Bina Darma*, 2022.
 7. T. A. Cahyono and S. Suprpto, “Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Lokasi SPBU di Kota Semarang Menggunakan Algoritma Dijkstra Berbasis Web,” *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 12, no. 1, pp. 50–58, 2022.
 8. E. Candra, D. Rohendi, and R. Yanto, “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Bencana Alam Berbasis Web (Studi Kasus: Kabupaten Kuningan),” *Jurnal J-SAKTI*, vol. 5, no. 1, pp. 76–86, 2021.
 9. N. Aco, “Sistem Informasi Geografis (SIG) Pemetaan Lokasi Rawan Bencana Banjir di Kota Palopo,” *Journal of Information Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 173–178, 2024.
 10. R. Afrizal and Y. Defi, “Implementasi Algoritma Dijkstra pada Pencarian Rute Terdekat Lokasi Evakuasi Bencana Banjir Berbasis Website,” *Jurnal Informatika Universal*, vol. 2, no. 3, pp. 114–121, 2023.
 11. E. Agustina and P. Setyawan, “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Kebakaran Hutan dan Lahan di Kabupaten Ogan Komering Ilir Berbasis Web,” *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, vol. 13, no. 1, pp. 38–46, 2022.
 12. M. F. Anshori and H. Sholihin, “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Titik Rawan Kebakaran di Kabupaten Bandung Menggunakan Leaflet.js,” *Jurnal Tekno Kompak*, vol. 17, no. 2, pp. 234–245, 2023.
 13. M. Farid and A. Hidayat, “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Bencana Longsor di Kabupaten Kuningan Berbasis Web,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIKom)*, vol. 7, no. 1, pp. 12–21, 2023.
 14. F. W. R. Gulo, “Peran Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Bencana,” *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, vol. 4, no. 12, pp. 1–12, 2024.
 15. D. Handoyo, S. Suwondo, and H. Hartono, “Kajian Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Mitigasi Bencana Banjir di Kabupaten Kuantan Singingi,” *Jurnal Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 63–77, 2021.