



Penentuan Lokasi Pelayanan Kesehatan Berbasis GIS Menggunakan Metode Rank Reciprocal dan Simple Additive Weighting

Muhammad Ardiansyah Matondang^{1*}, Andi Zulherry²

^{1*,2}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ^{1*}ardiansyahmatondang01@gmail.com, ²andizulherry@umsu.ac.id

Abstrak

Ketersediaan fasilitas pelayanan kesehatan yang terbatas di Kecamatan Panyabungan Selatan, Kabupaten Mandailing Natal yang hanya memiliki satu UPTD Puskesmas untuk melayani 11 desa dengan total populasi 9.816 jiwa menciptakan ketimpangan akses layanan kesehatan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis Geographic Information System (GIS) untuk menentukan lokasi prioritas pembangunan fasilitas pelayanan kesehatan baru secara objektif dan berbasis data. Sistem mengintegrasikan metode Rank Reciprocal untuk pembobotan kriteria secara objektif dan metode Simple Additive Weighting (SAW) untuk perangkingan 11 alternatif desa berdasarkan lima kriteria: jumlah penduduk, jarak ke puskesmas terdekat (dihitung otomatis menggunakan formula Haversine), angka kematian, akses jalan, dan jumlah fasilitas kesehatan. Sistem dibangun menggunakan PHP Native, MySQL, Leaflet.js, dan Tailwind CSS, dilengkapi fitur drag-and-drop untuk pembobotan dinamis. Pengujian black box dengan 14 skenario seluruhnya menunjukkan hasil valid, dan validasi perhitungan manual terhadap keluaran sistem membuktikan konsistensi implementasi algoritma tanpa selisih. Dengan bobot Rank Reciprocal default (C1: 43,80%; C2: 21,90%; C3: 14,60%; C4: 10,95%; C5: 8,76%), sistem merekomendasikan Desa Roburan Lombang ($V_i = 0,9825$), Desa Roburan Dolok ($V_i = 0,8850$), dan Desa Lumban Dolok ($V_i = 0,8584$) sebagai tiga lokasi prioritas tertinggi pembangunan pelayanan kesehatan baru. Sistem ini menghasilkan rekomendasi yang objektif, transparan, dan mudah ditafsirkan oleh pemangku kepentingan dalam perencanaan kesehatan daerah.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Geographic Information System, Rank Reciprocal, Simple Additive Weighting, Pelayanan Kesehatan.

PENDAHULUAN

Pemerataan fasilitas pelayanan kesehatan merupakan salah satu tantangan strategis dalam pembangunan kesehatan nasional, terutama di wilayah dengan kondisi geografis yang beragam dan aksesibilitas yang terbatas. Kecamatan Panyabungan Selatan, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara, mencerminkan permasalahan ini secara nyata: 11 desa dengan total populasi 9.816 jiwa hanya dilayani oleh satu UPTD Puskesmas, yaitu Puskesmas Kayu Laut, sementara tiga desa di antaranya tidak memiliki fasilitas kesehatan sama sekali. Kondisi ini menyebabkan sejumlah desa terpencil harus menempuh jarak lebih dari 13 km untuk mendapatkan layanan kesehatan dasar, suatu hambatan yang berdampak langsung pada indikator kesehatan masyarakat, termasuk angka kematian dan status kesehatan komunitas (Tambaip et al., 2023).

Penentuan lokasi pembangunan fasilitas kesehatan yang baru merupakan keputusan multi-kriteria yang kompleks, melibatkan pertimbangan demografis, geografis, aksesibilitas, dan kondisi kesehatan masyarakat secara bersamaan. Tanpa dukungan analisis sistematis berbasis data, keputusan tersebut rentan terhadap subjektivitas dan berpotensi tidak efisien dalam alokasi sumber daya publik yang terbatas (Turban et al., 2005). Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan solusi yang terbukti efektif untuk mengatasi permasalahan ini, dengan mengintegrasikan basis data, model matematika, dan antarmuka yang dapat digunakan secara langsung oleh pengambil keputusan.

Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas metode Simple Additive Weighting (SAW) dalam konteks SPK multi-kriteria. Iskandar (2023) menerapkan SAW untuk penentuan prioritas program pembangunan daerah dan membuktikan kemampuannya dalam merangking alternatif secara akurat. Wahyuningtyas et al. (2024) menggunakan SAW untuk pemilihan tempat wisata terbaik di Kota Surakarta dan menghasilkan rekomendasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Zulherry (2023) mendemonstrasikan

penerapan SAW dalam pengambilan keputusan keamanan jaringan, sementara Perwira (2025) menggunakannya untuk pemilihan program pembangunan desa. Rivan et al. (2025) mengombinasikan SAW dengan visualisasi WebGIS untuk rekomendasi lokasi bisnis UMKM, menunjukkan bahwa integrasi GIS meningkatkan interpretabilitas hasil keputusan secara signifikan.

Pada aspek pembobotan kriteria, metode Rank Reciprocal menawarkan keunggulan berupa objektivitas matematis yang murni berbasis urutan kepentingan tanpa penilaian subjektif terhadap besaran bobot. Nuroji (2024) mengombinasikan Rank Reciprocal dengan SAW dalam pemilihan tempat servis kendaraan dan menunjukkan bahwa kombinasi ini menghasilkan bobot yang konsisten. Hairah dan Budiman (2022) membandingkan kinerja Rank Reciprocal dengan metode lain dan menemukan bahwa Rank Reciprocal memberikan distribusi bobot yang proporsional. Iqbal et al. (2025) juga menunjukkan bahwa SPK yang dirancang dengan pembobotan transparan mampu mengurangi subjektivitas secara signifikan dalam proses evaluasi dan pengambilan keputusan di berbagai domain.

Integrasi Geographic Information System (GIS) ke dalam SPK semakin berkembang sebagai pendekatan yang memperkaya dimensi spasial dalam pengambilan keputusan. Junianto et al. (2018) menggunakan Web-GIS berbasis multi-kriteria untuk penentuan lokasi kawasan industri dan membuktikan bahwa visualisasi geografis meningkatkan pemahaman pengambil keputusan terhadap distribusi spasial alternatif. Pamungkas et al. (2015) mengembangkan SPK berbasis GIS untuk wisata kuliner yang menunjukkan keunggulan representasi peta. Daulay dan Damayanti (2025) mengimplementasikan Location Based Services berbasis website yang memanfaatkan Mapbox dan GPS untuk membantu pengguna menemukan lokasi terdekat secara akurat, menegaskan relevansi layanan berbasis lokasi dalam sistem informasi berbasis web. Puspitasari dan Qur'ana (2019) juga mengintegrasikan GIS dalam SPK pemilihan perumahan dengan metode AHP, menunjukkan fleksibilitas pendekatan berbasis peta dalam berbagai konteks lokasi.

Meskipun demikian, kombinasi spesifik antara metode Rank Reciprocal, SAW, dan visualisasi GIS berbasis Leaflet.js dengan fitur pembobotan dinamis melalui drag-and-drop, serta perhitungan jarak otomatis menggunakan formula Haversine, dalam konteks penentuan lokasi pembangunan fasilitas kesehatan di tingkat kecamatan, belum banyak dieksplorasi. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan tujuan: (1) menganalisis kebutuhan dan kriteria penentuan lokasi pembangunan pelayanan kesehatan di Kecamatan Panyabungan Selatan; (2) menentukan bobot kriteria secara objektif menggunakan metode Rank Reciprocal; (3) meranking 11 alternatif desa menggunakan metode SAW; dan (4) mengembangkan sistem berbasis web yang mengintegrasikan SPK dan GIS untuk menghasilkan rekomendasi yang transparan, interaktif, dan berbasis data.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan pengembangan sistem. Data primer diperoleh melalui wawancara dan konsultasi langsung dengan UPTD Puskesmas Kayu Laut selaku mitra institusi, sedangkan data sekunder meliputi data kependudukan, kondisi infrastruktur jalan, jumlah fasilitas kesehatan, dan koordinat geografis desa yang diperoleh dari dokumen resmi kecamatan.

Data Alternatif dan Kriteria Penilaian

Sebelas desa di Kecamatan Panyabungan Selatan ditetapkan sebagai alternatif (A1–A11). Lima kriteria penilaian divalidasi bersama pihak Puskesmas Kayu Laut dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria penilaian dan kategori atribut

Kode	Kriteria	Satuan	Atribut
C1	Jumlah Penduduk	Jiwa	Benefit
C2	Jarak ke Puskesmas Terdekat	Km (Haversine)	Benefit
C3	Angka Kematian	Kasus/Tahun	Benefit
C4	Akses Jalan	Skor Ordinal	Benefit
C5	Jumlah Fasilitas Kesehatan	Unit	Cost

C2 bersifat benefit karena semakin jauh jarak suatu desa dari puskesmas menunjukkan kebutuhan yang lebih mendesak. C5 bersifat cost karena semakin banyak fasilitas yang sudah tersedia, semakin rendah prioritas pembangunan baru di wilayah tersebut. Akses jalan (C4) dikonversi ke skor ordinal: Baik = 4, Kurang Baik = 3, Buruk = 2, Tidak Ada = 1.

Data aktual 11 desa dengan jarak yang dihitung otomatis oleh sistem menggunakan formula Haversine disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data 11 alternatif desa di Kecamatan Panyabungan Selatan

No	Desa	C1 (Jiwa)	C2 (Km)	C3 (Kasus/Th)	C4	C5 (Unit)
1	Kayu Laut	1.300	0,41	11	Baik	2
2	Hutarimbaru	535	13,78	6	Baik	1

No	Desa	C1 (Jiwa)	C2 (Km)	C3 (Kasus/Th)	C4	C5 (Unit)
3	Tanobato	981	5,48	13	Baik	1
4	Pagaran Gala-Gala	238	8,16	7	Kurang Baik	1
5	Hutaraja	579	2,55	9	Kurang Baik	1
6	Hayuraja	892	3,00	8	Baik	1
7	Hutajulu	232	3,10	5	Buruk	0
8	Roburan Dolok	1.373	5,34	14	Kurang Baik	0
9	Roburan Lombang	1.659	5,55	16	Baik	1
10	Lumban Dolok	1.427	9,14	13	Baik	1
11	Aek Ngali	600	6,61	10	Baik	0

Metode Rank Reciprocal

Metode Rank Reciprocal menghasilkan bobot kriteria secara objektif berdasarkan urutan kepentingan (peringkat) yang ditetapkan oleh pengambil keputusan. Bobot kriteria ke-j dihitung menggunakan persamaan berikut (Nuroji, 2024; Hairah & Budiman, 2022):

$$w_j = (1/j) / \sum(k = 1 \text{ to } n)(1/k) \quad \dots (1)$$

di mana j adalah peringkat kepentingan kriteria (1 = paling penting, n = paling tidak penting) dan n adalah total jumlah kriteria. Dengan n = 5 dan urutan kepentingan default C1 > C2 > C3 > C4 > C5, diperoleh: $\sum(1/k) = 1 + 0,5 + 0,3333 + 0,25 + 0,2 = 2,2833$.

Metode Simple Additive Weighting (SAW)

SAW menghitung nilai preferensi setiap alternatif melalui dua tahap. Pertama, normalisasi matriks keputusan (Iskandar, 2023):

$$r_{ij} = x_{ij} / \text{Max}(x_{ij}) \quad (\text{kriteria benefit}) \quad \dots (2a)$$

$$r_{ij} = \text{Min}(x_{ij}) / x_{ij} \quad (\text{kriteria cost}) \quad \dots (2b)$$

Kedua, nilai preferensi dihitung sebagai jumlah terbobot dari nilai ternormalisasi:

$$V_i = \sum(j = 1 \text{ to } n) w_j \times r_{ij} \quad \dots (3)$$

Alternatif dengan nilai V_i tertinggi merupakan lokasi prioritas yang paling direkomendasikan.

Formula Haversine

Jarak antara koordinat setiap desa dan titik acuan UPTD Puskesmas Kayu Laut dihitung secara otomatis oleh sistem menggunakan formula Haversine:

$$d = 2R \times \arcsin \left(\sqrt{(\sin^2(\Delta\phi/2) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2))} \right) \quad \dots (4)$$

di mana R = 6.371 km (jari-jari rata-rata bumi), ϕ adalah lintang, dan λ adalah bujur dalam radian. Nilai jarak yang dihasilkan diperbarui secara otomatis setiap kali koordinat desa atau koordinat puskesmas diubah oleh administrator.

Pengembangan Sistem

Sistem dikembangkan dengan teknologi berikut: PHP Native dan MySQL/MariaDB sebagai backend; Leaflet.js dengan peta dasar OpenStreetMap untuk visualisasi GIS; Tailwind CSS v4 dan Alpine.js untuk antarmuka responsif; serta SortableJS untuk fitur drag-and-drop. Pengembangan menggunakan XAMPP/Laragon sebagai lingkungan lokal dan mengikuti tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem (UML), implementasi, dan pengujian. Pengujian dilakukan dengan black box testing menggunakan 14 skenario yang mencakup seluruh modul utama: autentikasi, manajemen data desa, pembobotan kriteria, perancangan SAW, peta GIS, dan pelaporan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembobotan Kriteria dengan Rank Reciprocal

Berdasarkan konsultasi dengan UPTD Puskesmas Kayu Laut, urutan kepentingan kriteria ditetapkan C1 > C2 > C3 > C4 > C5. Tabel 3 menampilkan hasil perhitungan bobot Rank Reciprocal menggunakan persamaan (1).

Tabel 3. Bobot kriteria dengan metode Rank Reciprocal

Peringkat (j)	Kriteria	1/j	Bobot (w_j)	Bobot (%)
1	C1 – Jumlah Penduduk	1,0000	0,4380	43,80%
2	C2 – Jarak ke Puskesmas	0,5000	0,2190	21,90%
3	C3 – Angka Kematian	0,3333	0,1460	14,60%
4	C4 – Akses Jalan	0,2500	0,1095	10,95%
5	C5 – Jumlah Fasilitas Kesehatan	0,2000	0,0876	8,76%
Total		2,2833	1,0000	100%

Konversi Skor Ordinal dan Normalisasi Matriks

Data mentah pada Tabel 2 dikonversi ke skor ordinal pada skala 1–5 (Tabel 4), kemudian dinormalisasi menggunakan persamaan (2a) dan (2b) untuk menghasilkan matriks ternormalisasi. Nilai maksimum untuk setiap kriteria adalah: $\text{Max}(C1) = 5$, $\text{Max}(C2) = 5$, $\text{Max}(C3) = 4$, $\text{Max}(C4) = 4$, $\text{Max}(C5) = 5$. Nilai preferensi V_i dihitung menggunakan persamaan (3) dan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Matriks setelah konversi ke skor ordinal

No	Desa	C1	C2	C3	C4	C5
1	Kayu Laut	4	1	3	4	3
2	Hutarimbaru	3	5	1	4	4
3	Tanobato	3	5	3	4	4
4	Pagaran Gala-Gala	1	5	2	3	4
5	Hutaraja	3	3	2	3	4
6	Hayuraja	3	3	2	4	4
7	Hutajulu	1	3	1	2	5
8	Roburan Dolok	4	5	4	3	5
9	Roburan Lombang	5	5	4	4	4
10	Lumban Dolok	4	5	3	4	4
11	Aek Ngali	3	5	2	4	5

Tabel 5. Matriks ternormalisasi dan nilai preferensi V_i

No	Desa	r1	r2	r3	r4	r5	Nilai V_i
1	Kayu Laut	0,800	0,200	0,750	1,000	0,600	0,6657
2	Hutarimbaru	0,600	1,000	0,250	1,000	0,800	0,6978
3	Tanobato	0,600	1,000	0,750	1,000	0,800	0,7708
4	Pagaran Gala-Gala	0,200	1,000	0,500	0,750	0,800	0,5318
5	Hutaraja	0,600	0,600	0,500	0,750	0,800	0,6193
6	Hayuraja	0,600	0,600	0,500	1,000	0,800	0,6467
7	Hutajulu	0,200	0,600	0,250	0,500	1,000	0,3978
8	Roburan Dolok	0,800	1,000	1,000	0,750	1,000	0,8850
9	Roburan Lombang	1,000	1,000	1,000	1,000	0,800	0,9825
10	Lumban Dolok	0,800	1,000	0,750	1,000	0,800	0,8584
11	Aek Ngali	0,600	1,000	0,500	1,000	1,000	0,7518

Sebagai contoh perhitungan untuk Desa Kayu Laut:

$$V(\text{KayuLaut}) = (0,4380 \times 0,800) + (0,2190 \times 0,200) + (0,1460 \times 0,750) + (0,1095 \times 1,000) + (0,0876 \times 0,600) = 0,6657$$

Hasil Perangkingan Akhir

Tabel 6 menampilkan hasil perangkingan 11 desa berdasarkan nilai V_i , diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah beserta kategori prioritas.

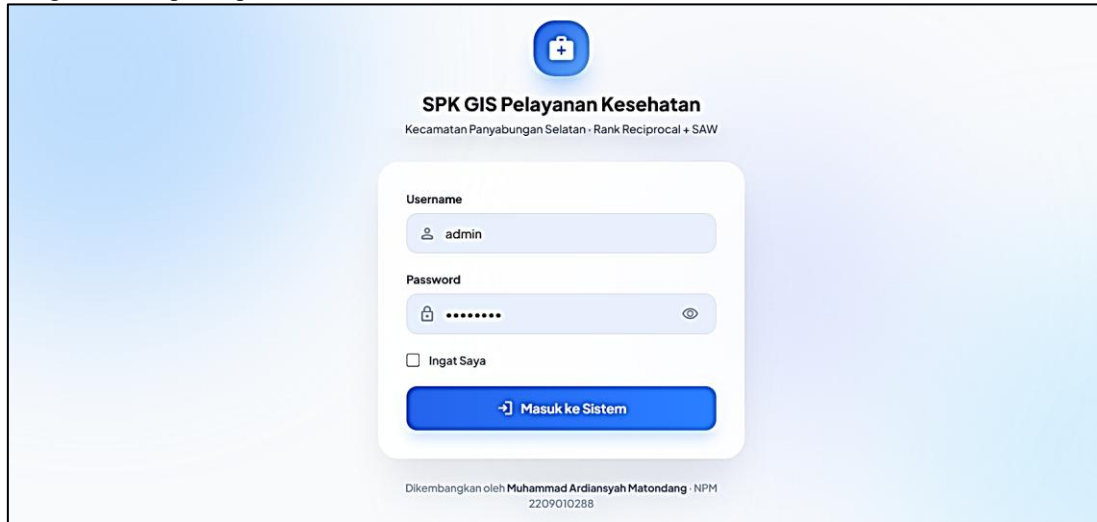
Tabel 6. Hasil akhir perangkingan 11 desa alternatif

Rank	Desa	Nilai V_i	Kategori Prioritas
1	Roburan Lombang	0,9825	Prioritas Tinggi
2	Roburan Dolok	0,8850	Prioritas Tinggi
3	Lumban Dolok	0,8584	Prioritas Tinggi
4	Tanobato	0,7708	Prioritas Sedang
5	Aek Ngali	0,7518	Prioritas Sedang
6	Hutarimbaru	0,6978	Prioritas Sedang
7	Kayu Laut	0,6657	Prioritas Sedang
8	Hayuraja	0,6467	Prioritas Sedang
9	Hutaraja	0,6193	Prioritas Rendah
10	Pagaran Gala-Gala	0,5318	Prioritas Rendah
11	Hutajulu	0,3978	Prioritas Rendah

Desa Roburan Lombang memperoleh nilai preferensi tertinggi ($V_i = 0,9825$) karena memiliki kombinasi terbaik pada seluruh kriteria: populasi terbesar (1.659 jiwa), angka kematian tertinggi (16 kasus/tahun), jarak yang cukup jauh dari puskesmas (5,55 km), akses jalan baik, dan hanya memiliki 1 fasilitas kesehatan. Desa Roburan Dolok ($V_i = 0,8850$) menonjol karena sama sekali tidak memiliki fasilitas kesehatan ($C5 = 0$) dan memiliki angka kematian tinggi (14 kasus/tahun). Desa Lumban Dolok ($V_i = 0,8584$) memiliki populasi besar (1.427 jiwa) dan jarak yang relatif jauh (9,14 km) dari puskesmas.

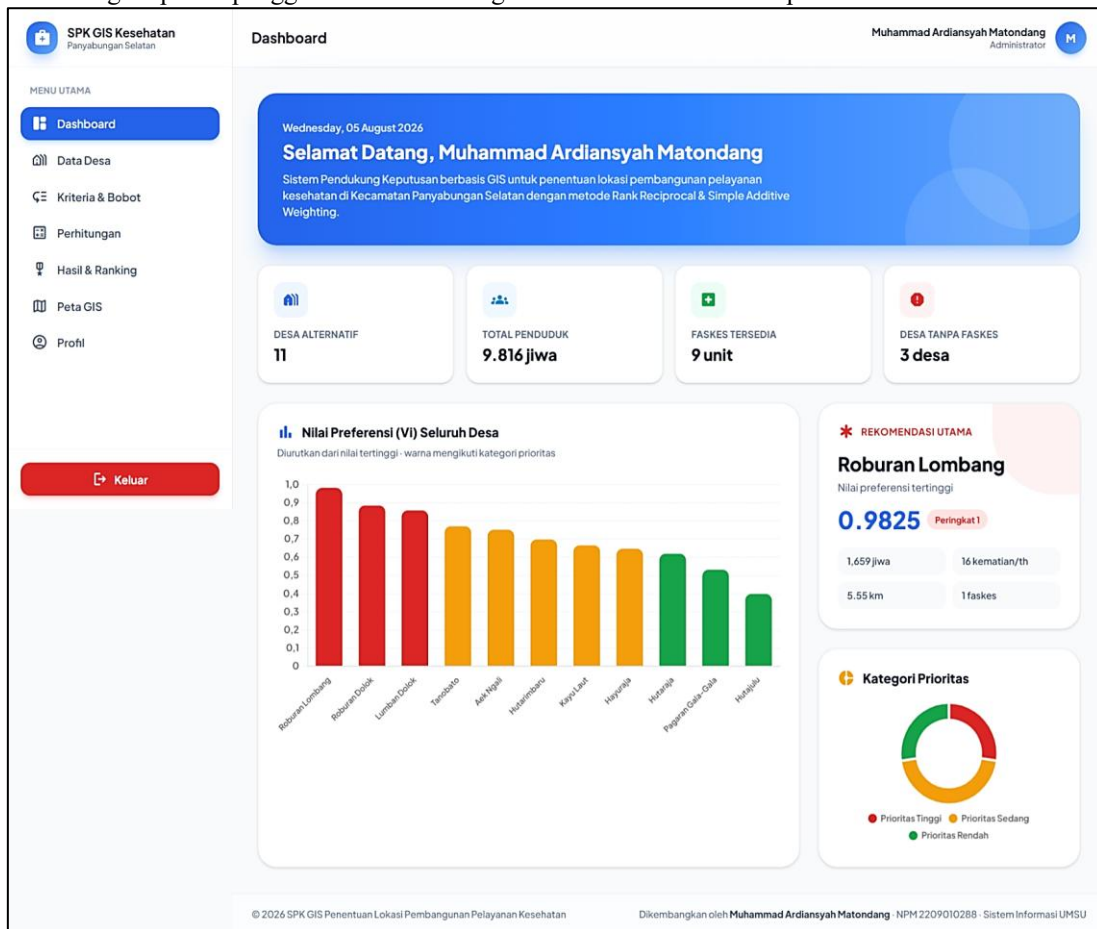
Implementasi Antarmuka Sistem

Sistem SPK GIS Pelayanan Kesehatan berhasil diimplementasikan dengan tujuh modul utama. Setiap halaman menampilkan antarmuka responsif berbasis Tailwind CSS yang dapat diakses pada perangkat desktop maupun mobile.



Gambar 1. Halaman Login

Gambar 1 menampilkan halaman login dengan form autentikasi admin (username dan password). Sistem mengarahkan ke Dashboard setelah login berhasil dan secara otomatis melakukan redirect ke halaman login apabila pengguna mencoba mengakses halaman internal tanpa sesi aktif.



Gambar 2. Halaman Dashboard

Gambar 2 menampilkan halaman Dashboard yang merangkum empat statistik kunci secara real-time: 11 desa alternatif, total 9.816 jiwa, 9 unit fasilitas kesehatan tersedia, dan 3 desa tanpa fasilitas kesehatan. Dashboard juga menampilkan grafik batang nilai preferensi seluruh desa dan kartu rekomendasi utama (Desa Roburan Lombang, $V_i = 0,9825$).

Data Desa

Data Alternatif Desa
 Sumber: validasi UPTD Puskesmas Kayu Laut - jarak dihitung otomatis (Haversine)

DESA	PENDUDUK	JARAK (KM)	KEMATIAN/TH	AKSES JALAN	FASKES	KOORDINAT	AKSI
Kayu Laut	1,300	0.41	11	Baik	2	0.75116, 99.55274	
Hutarimbaru	535	13.78	6	Baik	1	0.86568, 99.51492	
Tanobato	981	5.48	13	Baik	1	0.72118, 99.51434	
Pagaran Gala-Gala	238	8.16	7	Kurang Baik	1	0.71338, 99.49092	
Hutaraja	579	2.55	9	Kurang Baik	1	0.72558, 99.55453	
Hayuraja	892	3	8	Baik	1	0.72645, 99.53984	
Hutajulu	232	3.1	5	Buruk	0	0.72067, 99.55507	
Roburan Dolok	1,373	5.34	14	Kurang Baik	0	0.74304, 99.50771	
Roburan Lembang	1,659	5.55	16	Baik	1	0.7797, 99.51638	
Lumban Dolok	1,427	9.14	13	Baik	1	0.77223, 99.47664	
Aek Ngali	600	6.61	10	Baik	0	0.79456, 99.51771	

© 2026 SPK GIS Penentuan Lokasi Pembangunan Pelayanan Kesehatan
 Dikembangkan oleh Muhammad Ardiansyah Matondang - NPM 2209010288 - Sistem Informasi UMSU

Gambar 3. Halaman Data Desa

Gambar 3 menampilkan halaman Data Desa berupa tabel lengkap 11 alternatif dengan jarak Haversine yang dihitung dan ditampilkan secara otomatis.

Tambah Desa Baru

Nama Desa
 Contoh: Kayu Laut

Jumlah Penduduk (jiwa)

Angka Kematian (kasus/tahun)

Akses Jalan
 Baik

Jumlah Faskes (unit)

Titik Koordinat Desa
 Klik Peta | Link Google Maps | Input Manual

Klik langsung pada peta — marker berpindah dan koordinat terisi otomatis.

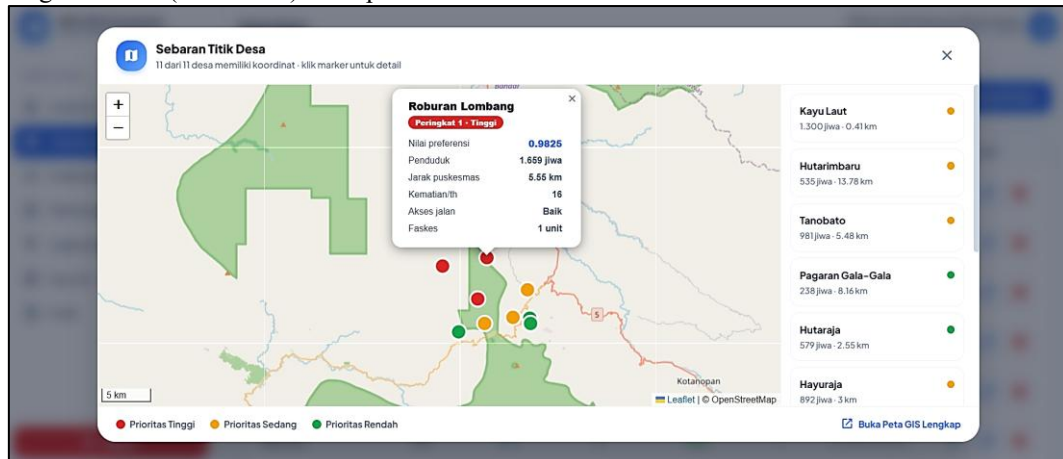
LATITUDE LONGITUDE

Batal | Simpan Data

Gambar 4. Modal Input Koordinat Desa (tiga metode)

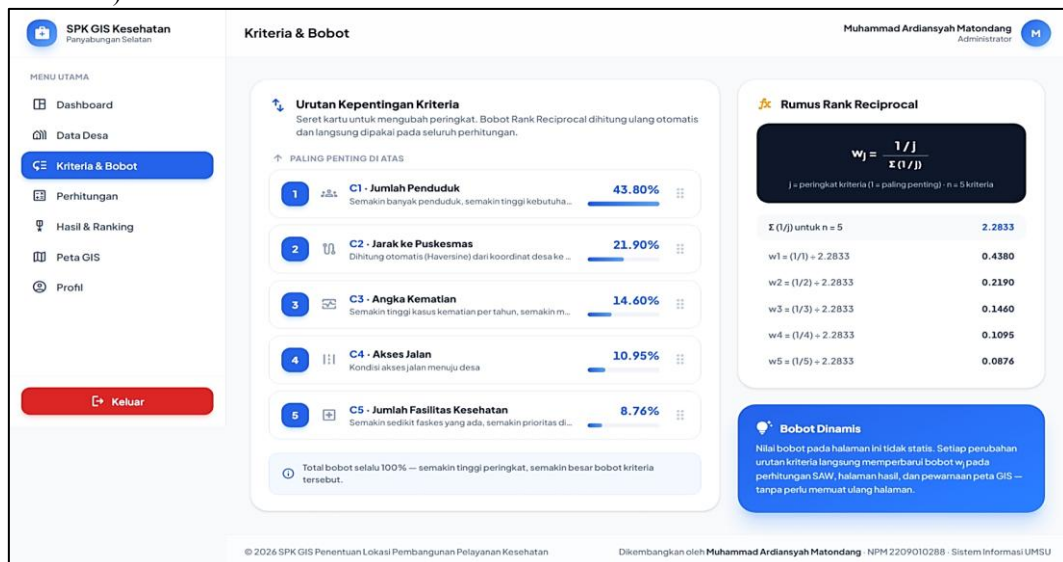
Gambar 4 menampilkan modal tambah/ubah data desa dengan tiga metode input koordinat: (Tab 1) klik langsung pada peta Leaflet.js — marker berpindah dan kolom latitude/longitude terisi otomatis;

(Tab 2) paste tautan Google Maps berformat @latitude,longitude; dan (Tab 3) input manual. Validasi rentang koordinat (-90 s.d. 90) diterapkan di sisi server.



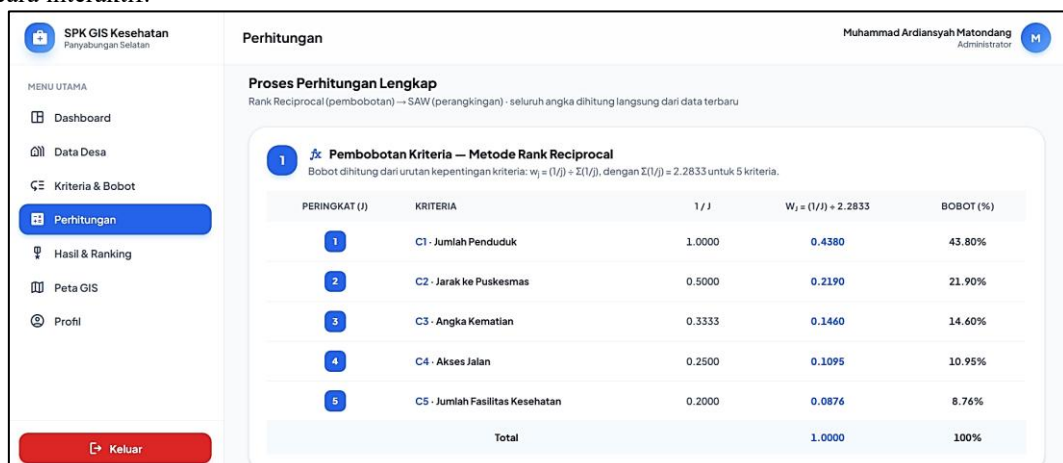
Gambar 5. Modal Sebaran Titik Desa pada Peta

Gambar 5 menampilkan modal "Lihat di Peta" pada halaman Data Desa, memvisualisasikan sebaran seluruh titik desa dengan warna marker sesuai kategori prioritas (merah: tinggi, kuning: sedang, hijau: rendah).



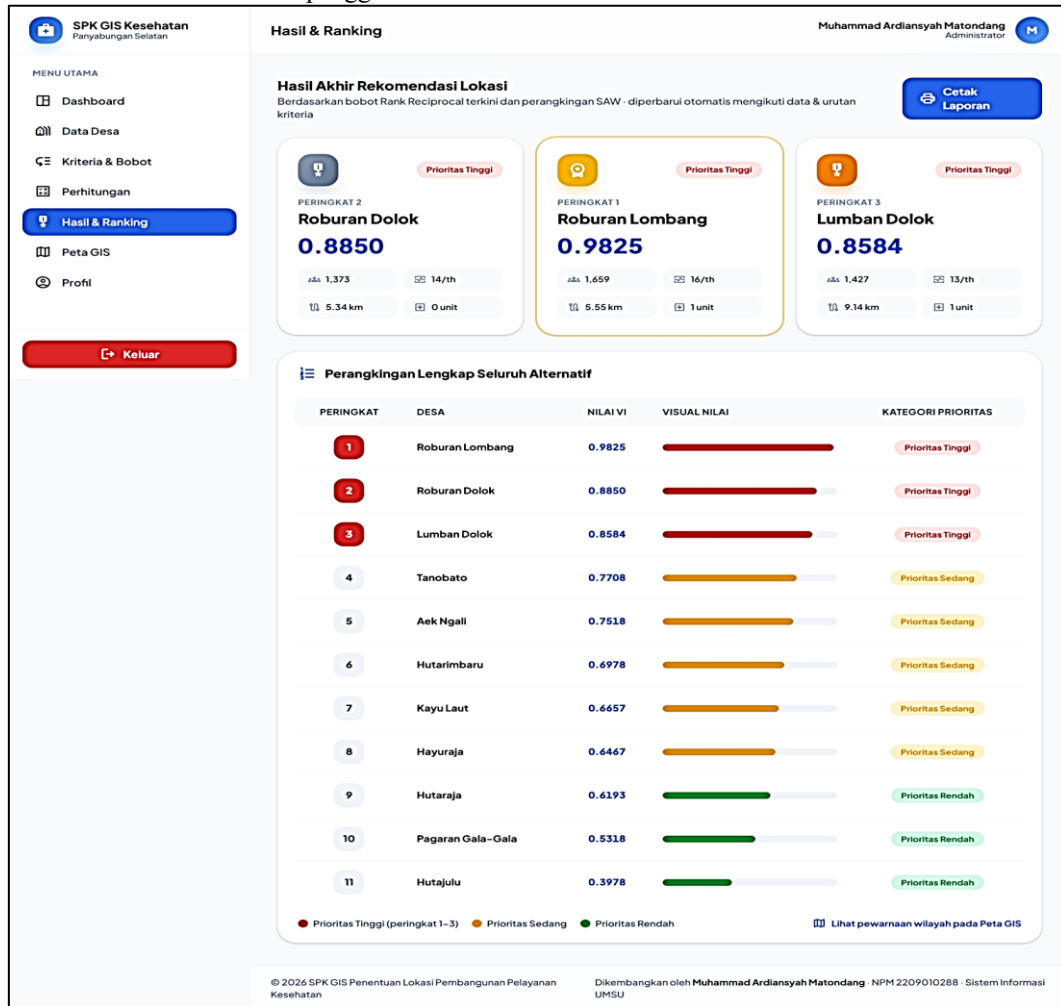
Gambar 6. Halaman Kriteria & Bobot — Fitur Drag and Drop

Gambar 6 menampilkan halaman Kriteria & Bobot dengan fitur drag-and-drop berbasis SortableJS. Setiap perubahan urutan kriteria langsung memperbarui bobot Rank Reciprocal secara otomatis — tanpa memuat ulang halaman. Ini memungkinkan pengambil keputusan melakukan analisis sensitivitas secara interaktif.



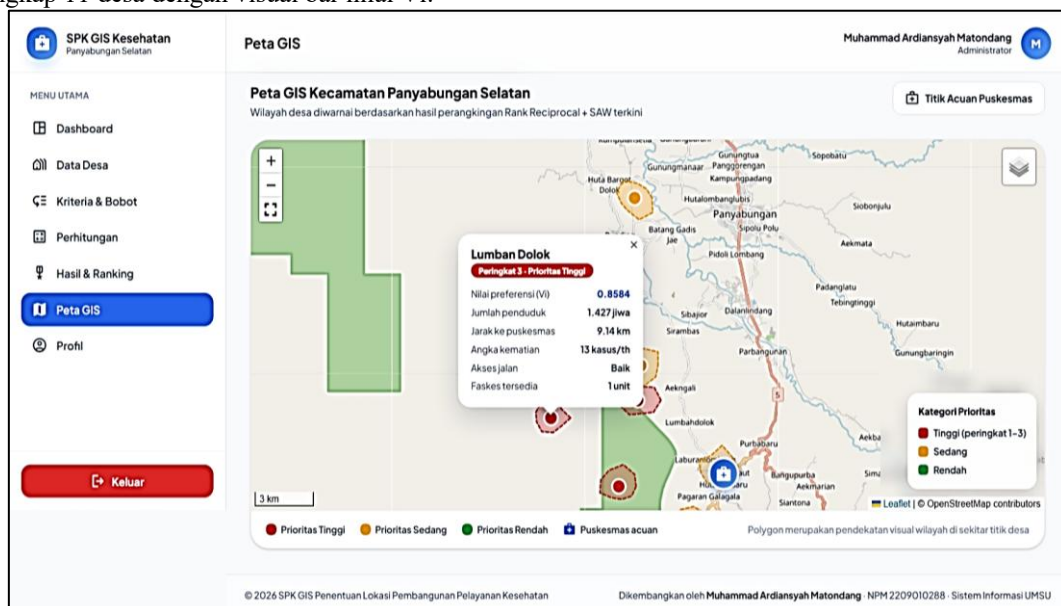
Gambar 7. Halaman Perhitungan

Gambar 7 menampilkan halaman Perhitungan yang menyajikan detail proses pembobotan Rank Reciprocal step-by-step beserta tabel normalisasi SAW, sehingga seluruh proses perhitungan dapat ditelusuri dan diverifikasi oleh pengguna.



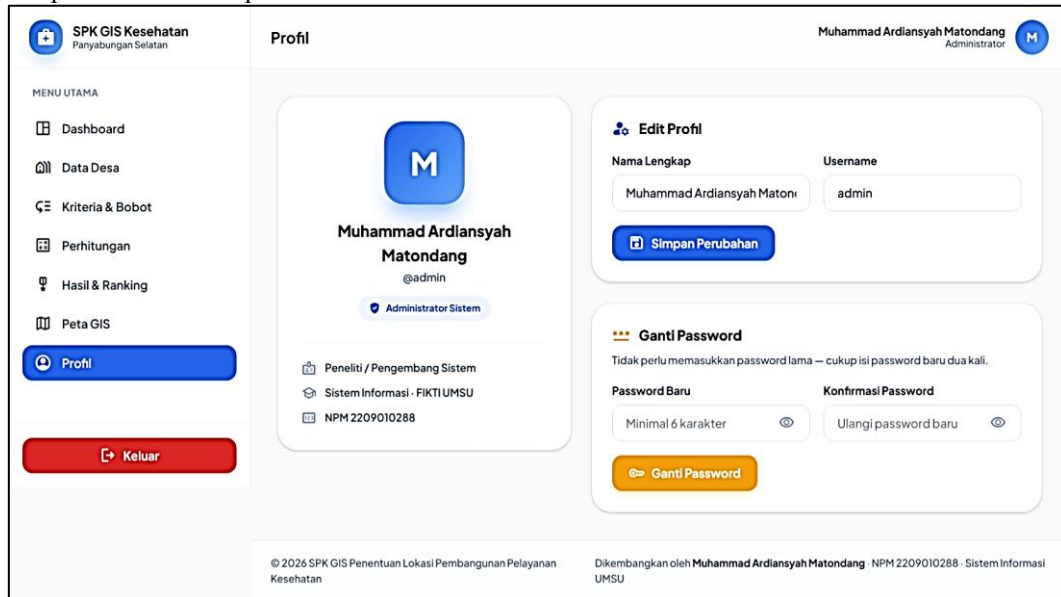
Gambar 8. Halaman Hasil & Ranking

Gambar 8 menampilkan halaman Hasil & Ranking dengan tiga kartu rekomendasi prioritas utama (Roburan Dolok Rank 2, Roburan Lombang Rank 1, Lumban Dolok Rank 3) dan tabel perangkingan lengkap 11 desa dengan visual bar nilai Vi.



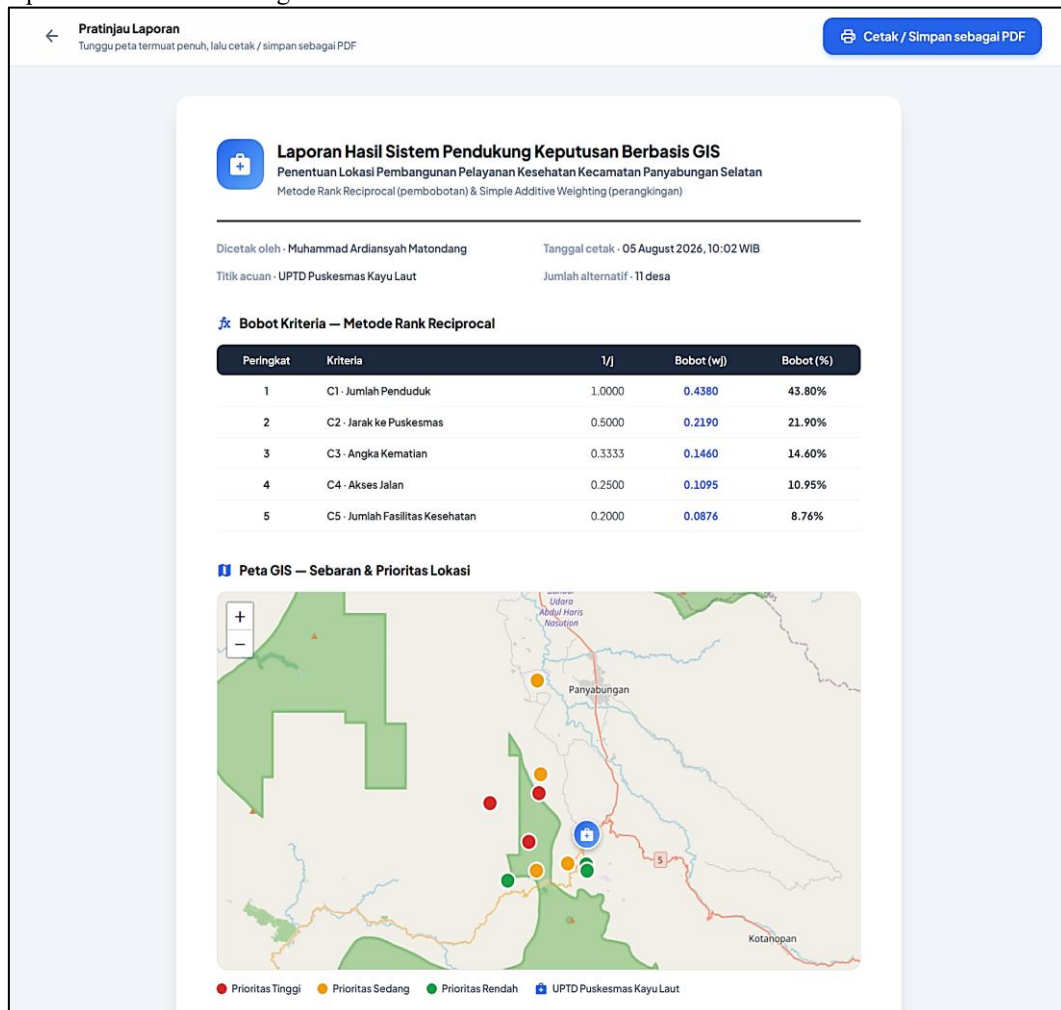
Gambar 9. Halaman Peta GIS Kecamatan Panyabungan Selatan

Gambar 9 menampilkan halaman Peta GIS yang memvisualisasikan peta Kecamatan Panyabungan Selatan dengan polygon wilayah berwarna sesuai kategori prioritas. Setiap desa dapat diklik untuk menampilkan detail nilai preferensi dan atribut.



Gambar 10. Halaman Profil Admin

Gambar 10 menampilkan halaman Profil yang menyediakan fitur edit nama lengkap dan ganti password. Pengganti password tidak memerlukan input password lama, sehingga administrator dapat memperbarui kredensial dengan mudah.



Gambar 11. Halaman Laporan Cetak (+ Peta GIS)

Gambar 11 menampilkan halaman Pratinjau Laporan yang mengintegrasikan tabel bobot Rank Reciprocal, tabel perangkingan SAW, dan peta GIS dalam satu halaman yang dapat dicetak sebagai PDF melalui dialog cetak browser.

Pengujian Black Box

Pengujian black box dilakukan dengan 14 skenario yang mencakup seluruh fungsi utama sistem. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian black box testing (14 skenario)

No	Skenario Pengujian	Status
1	Login dengan username dan password yang benar	Valid
2	Login dengan password yang salah	Valid
3	Akses halaman internal tanpa login	Valid
4	Tambah data desa dengan field wajib kosong	Valid
5	Menentukan koordinat desa dengan klik pada peta (Tab 1)	Valid
6	Input koordinat dari tautan Google Maps format @lat,lng	Valid
7	Input koordinat manual di luar rentang valid (lat 120)	Valid
8	Menghapus data desa (konfirmasi SweetAlert2)	Valid
9	Ubah urutan kriteria melalui drag and drop	Valid
10	Lihat Hasil & Ranking setelah urutan kriteria diubah	Valid
11	Ganti password tanpa mengisi password lama	Valid
12	Cetak laporan melalui halaman Laporan (laporan.php)	Valid
13	Unduh PDF sebelum pustaka FPDF terpasang	Valid
14	Akses sistem melalui perangkat mobile (responsive)	Valid

Seluruh 14 skenario pengujian menunjukkan hasil Valid, yang berarti semua fungsi utama — mulai dari autentikasi, pengelolaan data, pembobotan dinamis, perhitungan SAW, visualisasi peta, hingga pelaporan berjalan sesuai rancangan.

Validasi dan Pembahasan

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual (Tabel 5 dan Tabel 6) terhadap keluaran sistem pada halaman Perhitungan dan Hasil & Ranking menggunakan data dan bobot yang identik. Hasil menunjukkan kecocokan penuh — tidak terdapat selisih antara perhitungan manual dan keluaran sistem membuktikan bahwa implementasi fungsi `hitung_spk()` pada berkas `config.php` telah menerapkan algoritma Rank Reciprocal dan SAW dengan benar.

Salah satu temuan penting penelitian ini adalah pengaruh signifikan fitur pembobotan dinamis terhadap hasil rekomendasi. Ketika urutan kepentingan kriteria diubah melalui drag-and-drop — misalnya dengan menjadikan C5 (Jumlah Fasilitas Kesehatan) sebagai kriteria terpenting — Desa Roburan Dolok, yang tidak memiliki fasilitas kesehatan sama sekali, naik ke peringkat pertama, menggeser Desa Roburan Lombang. Temuan ini menegaskan bahwa hasil rekomendasi SPK sangat bergantung pada kebijakan urutan kepentingan kriteria yang ditetapkan oleh pengambil keputusan, dan fitur pembobotan dinamis pada sistem ini memberikan fleksibilitas untuk melakukan analisis sensitivitas (what-if analysis) secara interaktif — konsisten dengan prinsip perancangan SPK yang diuraikan oleh Iqbal et al. (2025).

Visualisasi peta GIS dengan polygon wilayah berwarna sesuai kategori prioritas terbukti meningkatkan interpretabilitas hasil bagi pemangku kepentingan yang tidak terbiasa membaca tabel angka. Pihak UPTD Puskesmas Kayu Laut dapat langsung memahami distribusi spasial prioritas pembangunan di seluruh kecamatan hanya dengan melihat peta, tanpa memerlukan penjelasan teknis tambahan. Pendekatan ini sejalan dengan temuan Junianto et al. (2018) dan Daulay & Damayanti (2025) mengenai keunggulan representasi berbasis lokasi dalam meningkatkan aksesibilitas informasi.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada akurasi koordinat geografis desa, yang pada tahap pengujian masih berupa perkiraan awal dan belum seluruhnya melalui survei GPS langsung di lapangan, sehingga nilai jarak hasil perhitungan Haversine berpotensi mengalami penyesuaian setelah koordinat diperbarui dengan data yang lebih presisi. Namun, sistem telah dirancang untuk secara otomatis memperbarui seluruh perhitungan jarak, skor normalisasi, dan hasil perangkingan ketika koordinat diperbarui tanpa memerlukan perubahan kode program apapun..

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan berbasis GIS untuk penentuan lokasi prioritas pembangunan pelayanan kesehatan di Kecamatan Panyabungan Selatan. Lima kriteria yang divalidasi bersama UPTD Puskesmas Kayu Laut jumlah penduduk, jarak ke puskesmas, angka kematian, akses jalan, dan jumlah fasilitas kesehatan terbukti mampu merepresentasikan kebutuhan pelayanan kesehatan di 11 desa secara komprehensif dari aspek demografi, aksesibilitas, dan urgensi kesehatan.

Metode Rank Reciprocal menghasilkan bobot kriteria secara objektif, yaitu C1 (43,80%), C2 (21,90%), C3 (14,60%), C4 (10,95%), dan C5 (8,76%), sehingga mengeliminasi subjektivitas peneliti dalam penentuan bobot sebagaimana ditemukan pada sejumlah penelitian terdahulu. Selanjutnya, sistem berhasil merangking 11 desa menggunakan metode SAW dengan rekomendasi tiga prioritas utama pembangunan pelayanan kesehatan baru, yakni Desa Roburan Lombang ($V_i = 0,9825$), Desa Roburan Dolok ($V_i = 0,8850$), dan Desa Lumban Dolok ($V_i = 0,8584$), yang dikategorikan sebagai Prioritas Tinggi. Pengujian black box dengan 14 skenario serta validasi perhitungan manual membuktikan bahwa sistem berfungsi dengan benar, akurat, dan konsisten, sehingga rekomendasi yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maupun teknis kepada pemangku kepentingan dalam perencanaan kesehatan daerah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UPTD Puskesmas Kayu Laut, Kecamatan Panyabungan Selatan, Kabupaten Mandailing Natal, atas dukungan data dan validasi yang diberikan selama proses penelitian. Terima kasih juga kepada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Az-zahra, R. R., Ramadhani, T. A., & Nuryadin, R. A. (2023). Layanan kesehatan Kabupaten Ponorogo berbasis website “E-Healthy.” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(4), 767–774.
- Daulay, Z. I., & Damayanti, F. (2025). Implementasi location based services pada pet shop Kecamatan Patumbak berbasis website. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Scientific Studies*, 3(5), 408–414. <https://doi.org/10.33151/ijomss.v3i5.715>
- Hairah, U., & Budiman, E. (2022). Kinerja metode rank sum, rank reciprocal dan rank order centroid menggunakan referensi poin moora (Studi kasus: Bantuan kuota data internet untuk mahasiswa). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(6), 1129–1136.
- Iqbal, M., Sitompul, M. S., Sibarani, E. K., & Tarigan, J. (2025). Perancangan sistem pendukung keputusan untuk evaluasi kinerja karyawan di PT Ukindo Blangkahan Mill. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Scientific Studies*, 3(6), 466–469. <https://doi.org/10.33151/ijomss.v3i6.743>
- Iskandar, A. (2023). Sistem pendukung keputusan dalam rekomendasi penentuan prioritas program pembangunan daerah menerapkan Simple Additive Weighting. *Journal of Computer System and Informatics*, 4(3), 649–654.
- Junianto, D. D., Ramdani, F., & Pramono, D. (2018). Sistem informasi penentuan lokasi pembangunan kawasan industri di Kabupaten Mojokerto menggunakan metode multi-criteria evaluation berbasis WEB-GIS. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(9), 2476–2484.
- Mardika, P. D., & Fauzi, A. (2024). Supplier terbaik dengan metode Simple Additive Weight (SAW). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 12(1), 677–682.
- Nuroji, N. (2024). Kombinasi metode pembobotan rank reciprocal dan Simple Additive Weighting dalam pemilihan tempat servis kendaraan. *CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering, and Informatics*, 2(2), 88–97.
- Pamungkas, O., Saputra, R., & Wirawan, P. W. (2015). Sistem pendukung keputusan wisata kuliner berbasis GIS pada perangkat Android. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 6(11), 43–52.
- Perwira, Y. (2025). Sistem pendukung keputusan untuk pemilihan program pembangunan desa dengan metode Simple Additive Weighting. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Jaringan*, 1, 26–30.
- Puspitasari, D. I., & Qur'ana, T. W. (2019). Rancang bangun sistem pendukung keputusan pemilihan perumahan dengan metode AHP dan GIS. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 10(2), 96–100.
- Rasminto, H., & Purwantini, K. (2022). Metode Simple Additive Weighting (SAW) pada sistem pendukung keputusan penentuan lokasi service center menggunakan GIS. *Jurnal Publikasi Manajemen Informatika*, 1(1), 29–36.
- Rivan, T., Karlitasari, L., & Suriansyah, M. I. (2025). Rekomendasi lokasi bisnis UMKM menggunakan metode SAW berbasis WebGIS. *Journal of Informatics*, 10(1), 1–12.
- Tambaip, B., Tjilen, A. P., & Ohoiwutun, Y. (2023). Peran fasilitas kesehatan untuk kesejahteraan masyarakat (The role of health facilities for community welfare). *Jurnal Kebijakan Publik*, 14(2), 189–196. <https://doi.org/10.31258/jkp.v14i2.8245>

- Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T. P. (2005). *Decision support systems and intelligent systems* (7th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Wahyuningtyas, D., Asanti, D. N., Supriati, S. D., & Putri, B. A. (2024). Sistem pendukung keputusan pemilihan tempat wisata terbaik di Kota Surakarta menggunakan metode SAW. *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, 2(3), 142–152.
- Zulherry, A. (2023). Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)*, 6(3), 155–159.