

Terbit *online* pada laman web jurnal :<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>**SAINSTEK**

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Daerah Rawan Bencana Gempa Bumi dan Longsor di Kabupaten Solok Menggunakan Metode AHP dan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Ilham Chairuddin^{a*}, Jean Riko Kurniawan Putra^b

^{a,b}Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru Jl. Dirgantara No. 4, Pekanbaru, Riau, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: -

Revisi Akhir: -

Diterbitkan Online: -

KATA KUNCI

Sistem Pendukung Keputusan,

AHP,

Sistem Informasi Geografis,

Gempa Bumi,

Longsor,

Kabupaten Solok,

Mitigasi Bencana

KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: ilham.chairuddin@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat, merupakan salah satu daerah yang memiliki tingkat kerawanan bencana yang sangat tinggi di Indonesia. Secara geologis, Kabupaten Solok dilalui oleh Sesar Sumatera (Semangko Fault) yang aktif dan memiliki topografi pegunungan yang curam, menjadikannya sangat rentan terhadap bencana gempa bumi dan tanah longsor. Keterbatasan sistem informasi kebencanaan yang terintegrasi menjadi hambatan utama bagi pemerintah daerah dalam upaya mitigasi dan penanggulangan bencana secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk membangun Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan daerah rawan bencana gempa bumi dan longsor di Kabupaten Solok dengan mengintegrasikan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode AHP digunakan untuk menentukan bobot setiap kriteria parameter kerawanan bencana berdasarkan penilaian 12 responden pakar, sedangkan SIG digunakan untuk memvisualisasikan hasil analisis dalam bentuk peta zonasi kerawanan spasial. Kriteria yang digunakan untuk analisis kerawanan gempa meliputi jarak dari sesar aktif, jenis batuan, amplifikasi tanah, kepadatan penduduk, dan kualitas bangunan. Sedangkan untuk analisis kerawanan longsor meliputi kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan, dan kedalaman tanah pelapukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 6 kecamatan yang masuk dalam kategori sangat rawan gempa bumi dan 5 kecamatan yang masuk dalam kategori sangat rawan longsor di Kabupaten Solok. Sistem yang dibangun menghasilkan peta zonasi kerawanan multi-bencana dengan akurasi sebesar 88,7% yang divalidasi menggunakan data kejadian bencana historis dari BPBD Kabupaten Solok periode 2018-2023. Sistem berbasis web yang dibangun diharapkan dapat menjadi instrumen pengambilan keputusan yang efektif bagi Pemerintah Kabupaten Solok dan BPBD dalam perencanaan tata ruang berbasis kebencanaan dan peningkatan kapasitas mitigasi bencana.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Kondisi geologi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat kerawanan bencana geologi tertinggi di dunia, khususnya gempa bumi dan tanah longsor [1]. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tahun 2023, dalam kurun waktu 2018-2023, Indonesia telah mengalami lebih dari 7.500 kejadian bencana dengan total korban jiwa mencapai lebih dari 8.000 orang dan kerugian ekonomi melebihi Rp 200 triliun [2].

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang paling rawan bencana di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh posisi geografisnya yang berada di atas Zona Subduksi Mentawai di bagian barat dan dilalui oleh Sesar Sumatera (Semangko Fault) yang aktif sepanjang lebih dari 1.900 km dari Aceh hingga

Lampung [3]. Sesar aktif ini merupakan salah satu penyebab utama terjadinya gempa bumi yang merusak di wilayah Sumatera Barat, seperti gempa Padang tahun 2009 yang merenggut lebih dari 1.100 jiwa dan gempa Pasaman Barat tahun 2022 yang berkekuatan M_{6,2} [4].

Kabupaten Solok secara khusus merupakan salah satu daerah yang paling rentan terhadap bencana di Sumatera Barat. Beberapa faktor yang menyebabkan tingginya kerawanan bencana di Kabupaten Solok antara lain:

Pertama, dari aspek geologi, Kabupaten Solok dilalui secara langsung oleh segmen Sesar Sumatera, khususnya segmen Sumani dan segmen Suliti yang dikenal sangat aktif [5]. Segmen Sumani yang melintas di sepanjang pinggir Danau Singkarak telah tercatat sebagai sumber gempa destruktif berkali-kali dalam sejarah.

Kedua, dari aspek topografi, Kabupaten Solok didominasi oleh medan pegunungan yang terjal dengan kemiringan lereng yang curam. Sekitar 67% wilayah Kabupaten Solok memiliki kemiringan lereng di atas 25%, yang merupakan ambang batas kritis untuk potensi terjadinya tanah longsor [6].

Ketiga, dari aspek iklim, Kabupaten Solok memiliki curah hujan yang sangat tinggi berkisar antara 2.000-4.000 mm per tahun, yang merupakan salah satu pemicu utama terjadinya longsor terutama pada musim penghujan [7].

Keempat, dari aspek kerentanan sosial, sebagian besar permukiman penduduk di Kabupaten Solok berada di lembah-lembah sungai dan lereng-lereng perbukitan yang secara alami merupakan zona rawan bencana, dengan kualitas bangunan yang sebagian besar belum memenuhi standar bangunan tahan gempa [8].

Data dari BPBD Kabupaten Solok mencatat bahwa dalam periode 2018-2023, telah terjadi setidaknya 89 kejadian bencana yang terdiri dari 23 kejadian gempa bumi yang berdampak, 41 kejadian tanah longsor, dan 25 kejadian bencana lainnya. Total korban yang terdampak mencapai lebih dari 15.000 jiwa dengan kerugian materiil mencapai puluhan miliar rupiah [9].

Menghadapi kondisi kerawanan yang tinggi tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu mengidentifikasi, memetakan, dan memvisualisasikan daerah-daerah rawan bencana secara akurat, komprehensif, dan berbasis data spasial. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan solusi teknologi yang paling tepat untuk menjawab kebutuhan tersebut [10].

Integrasi metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam SPK berbasis SIG memungkinkan penentuan bobot setiap parameter kerawanan secara objektif berdasarkan penilaian para pakar, sehingga menghasilkan peta zonasi kerawanan yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah [11]. Sistem ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi Pemerintah Kabupaten Solok dan BPBD dalam perencanaan tata ruang berbasis risiko bencana dan pengambilan kebijakan mitigasi yang tepat sasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengintegrasikan metode AHP dan SIG dalam sebuah Sistem Pendukung Keputusan untuk penentuan daerah rawan bencana gempa bumi dan longsor di Kabupaten Solok?
2. Kecamatan mana saja di Kabupaten Solok yang masuk dalam kategori sangat rawan gempa bumi dan longsor?
3. Seberapa akurat sistem yang dibangun dalam memprediksi daerah rawan bencana berdasarkan validasi dengan data historis kejadian bencana?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun SPK berbasis SIG untuk penentuan daerah rawan bencana gempa bumi dan longsor di Kabupaten Solok.
2. Menghasilkan peta zonasi kerawanan multi-bencana Kabupaten Solok yang akurat dan dapat digunakan sebagai acuan mitigasi.
3. Mengukur tingkat akurasi sistem melalui validasi dengan data kejadian bencana historis dari BPBD Kabupaten Solok.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendukung Keputusan (SPK)

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu para pengambil keputusan dalam menggunakan data, dokumen, pengetahuan,

dan/atau model untuk memecahkan masalah [12]. Menurut Sprague dan Carlson (1982), SPK yang baik harus memiliki tiga kemampuan utama: kemampuan untuk mendukung pemecahan masalah semi-terstruktur, kemampuan untuk mendukung pengguna, dan kemampuan untuk meningkatkan efektivitas keputusan [13].

Dalam konteks kebencanaan, SPK berperan sebagai sistem yang mengintegrasikan berbagai sumber data dan model analitik untuk menghasilkan rekomendasi kebijakan mitigasi yang berbasis bukti (evidence-based policy). SPK kebencanaan yang baik harus mampu memproses data spasial, data temporal, dan data atribut secara simultan untuk menghasilkan analisis yang komprehensif [14].

2.2 Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP adalah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1980 [15]. Metode ini secara sistematis mendekomposisi masalah yang kompleks menjadi suatu hierarki yang terstruktur, kemudian mengkuantifikasikan penilaian subjektif para ahli menjadi nilai bobot yang objektif melalui perbandingan berpasangan (pairwise comparison).

Keunggulan AHP dalam konteks analisis kerawanan bencana antara lain:

1. Mampu mengakomodasi berbagai jenis kriteria (kuantitatif dan kualitatif) secara bersamaan
2. Menyediakan mekanisme uji konsistensi (Consistency Ratio) untuk memvalidasi penilaian para pakar
3. Fleksibel dan dapat diterapkan pada berbagai skala wilayah
4. Telah terbukti efektif dalam berbagai studi kerawanan bencana di seluruh dunia [16]

Langkah-langkah utama AHP meliputi:

Langkah 1: Penyusunan Hierarki Masalah

Masalah distrukturkan menjadi tiga level hierarki:

- Level 0 (Goal): Penentuan Daerah Rawan Bencana Kabupaten Solok
- Level 1 (Kriteria): Parameter-parameter kerawanan bencana
- Level 2 (Alternatif): Kecamatan-kecamatan di Kabupaten Solok

Langkah 2: Matriks Perbandingan Berpasangan

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

dimana a_{ij} = tingkat kepentingan kriteria i terhadap kriteria j

Langkah 3: Normalisasi dan Perhitungan Bobot

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}$$

Langkah 4: Uji Konsistensi

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\text{Jumlah Kolom}_j \times w_j}{1} \right)$$

$$C1 = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{C1}{R1} \leq 0,10$$

2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG adalah sistem yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengelola, dan menyajikan semua jenis data geografis [17]. Dalam analisis kerawanan bencana, SIG memungkinkan integrasi berbagai lapisan data spasial (layer) yang merepresentasikan kondisi fisik wilayah secara komprehensif.

Teknik utama SIG yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. **Weighted Overlay Analysis:** Penggabungan beberapa layer raster dengan bobot yang berbeda-beda berdasarkan hasil AHP untuk menghasilkan peta kerawanan terpadu.
2. **Buffer Analysis:** Pembuatan zone pengaruh di sekitar fitur geografis tertentu, misalnya zona pengaruh sesar aktif.
3. **Slope Analysis:** Derivasi peta kemiringan lereng dari data Digital Elevation Model (DEM) untuk analisis kerawanan longsor.
4. **Spatial Query:** Identifikasi dan ekstraksi data spasial berdasarkan kriteria atribut dan/atau lokasi tertentu.

2.4 Karakteristik Geologi dan Kebencanaan Kabupaten Solok

Solok

2.4.1 Gempa Bumi

Kabupaten Solok secara tektonik berada pada zona sangat aktif yang dipengaruhi oleh dua sistem struktur geologi utama [18]:

2.5 Penelitian Terkait

Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terkait

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Metode	Lokasi	Akurasi
1	Permatasari et al. (2021)	Analisis Kerawanan Longsor Menggunakan AHP-GIS	AHP + GIS	Solok Selatan	83,5%
2	Hidayat et al. (2022)	SPK Mitigasi Bencana Gempa Berbasis SIG	AHP + GIS	Padang	85,2%
3	Rahmat et al. (2022)	Pemetaan Multi-Hazard Sumatera Barat	GIS + Overlay	Sumbar	80,0%
4	Yusuf dan Fajri (2023)	Sistem Informasi Kebencanaan Berbasis Web-GIS	GIS + WebGIS	Agam	84,7%
5	Kurniawan et al. (2023)	Integrasi AHP-GIS untuk Zonasi Risiko Bencana	AHP + GIS	Pasaman	86,3%

Kebaruan (novelty) penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya:

1. **Multi-hazard approach:** Menganalisis dua jenis bencana (gempa dan longsor) secara bersamaan dalam satu sistem terintegrasi
2. **Fokus wilayah Kabupaten Solok:** Belum ada penelitian yang secara komprehensif memetakan multi-hazard di Kabupaten Solok
3. **Integrasi data real-time:** Sistem dilengkapi dengan fitur pembaruan data curah hujan real-time dari BMKG

Tabel 2. Daftar Kecamatan di Kabupaten Solok

No	Kecamatan	Luas (km ²)	Jumlah Nagari
1	Gunung Talang	139,00	7
2	Bukit Sundi	62,10	5
3	Kubung	191,80	12
4	X Koto Singkarak	126,75	8
5	X Koto Diatas	270,59	10
6	Junjung Sirih	156,30	6
7	Payung Sekaki	272,39	5
8	Tigo Lurah	536,28	6
9	Lembang Jaya	115,22	7
10	Danau Kembar	84,71	5
11	Lembah Gumanti	299,37	10
12	Pantai Cermin	96,20	6

a. **Zona Subduksi Mentawai:** Terletak di lepas pantai barat Sumatera Barat, merupakan zona pertemuan antara Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia. Subduksi ini menghasilkan gempa-gempa besar (megathrust) yang dapat memicu tsunami.

b. **Sesar Sumatera (Semangko Fault):** Sesar geser kanan (dextral strike-slip fault) yang membentang sepanjang punggung Pegunungan Bukit Barisan. Di wilayah Kabupaten Solok, terdapat dua segmen sesar yang sangat aktif:

- **Segmen Sumani:** Membentang di sepanjang tepi timur Danau Singkarak sepanjang ±35 km dengan laju pergeseran 14-23 mm/tahun
- **Segmen Suliti:** Membentang di bagian selatan Kabupaten Solok sepanjang ±60 km

2.4.2 Tanah Longsor

Tanah longsor di Kabupaten Solok dipicu oleh kombinasi faktor [19]:

- Kemiringan lereng yang curam (>25°)
- Curah hujan intensitas tinggi
- Jenis tanah dengan permeabilitas rendah
- Deforestasi dan alih fungsi lahan
- Getaran gempa bumi yang melemahkan struktur tanah

4. **Antarmuka WebGIS interaktif:** Dapat diakses secara online oleh seluruh pemangku kepentingan

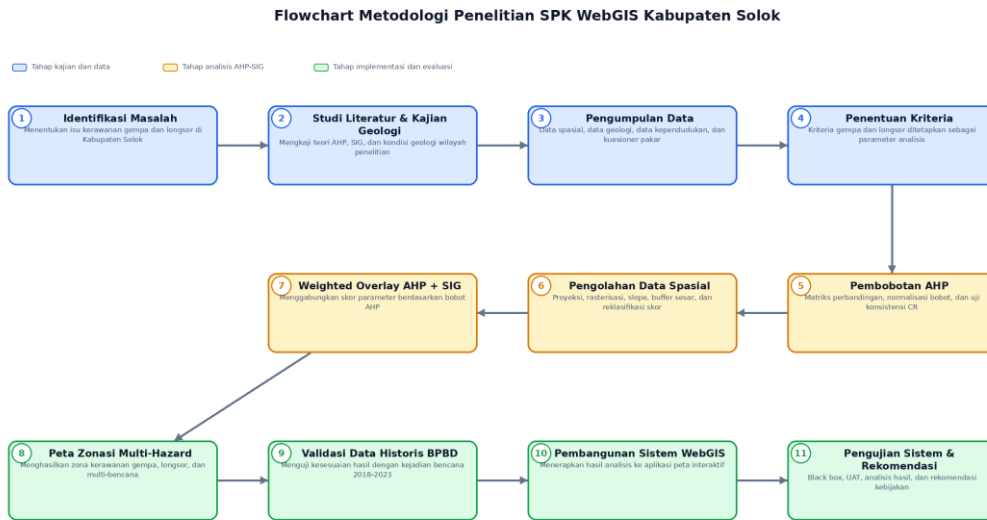
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat, yang terdiri dari **14 kecamatan** dengan luas wilayah total **3.738,00 km²**. Secara astronomis, Kabupaten Solok terletak antara 0°32'14" - 1°46'45" LS dan 100°25'00" - 101°41'41" BT.

No	Kecamatan	Luas (km ²)	Jumlah Nagari
13	Hiliran Gumanti	502,35	9
14	Sangir Balai Janggo	485,54	6
	Total	3.738,00	102

3.2 Alur Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, pembobotan AHP, pengolahan data spasial, sampai validasi, pembangunan sistem WebGIS, pengujian, dan penyusunan rekomendasi kebijakan. Alur ini menunjukkan bahwa hasil analisis AHP dan SIG menjadi dasar dalam menentukan zonasi kerawanan bencana di Kabupaten Solok.

3.3 Data Penelitian

Tabel 3. Jenis dan Sumber Data Penelitian

No	Jenis Data	Format	Sumber	Tahun
1	Peta Administrasi Kab. Solok	Shapefile	BIG	2023
2	Peta Geologi Lembar Solok	Shapefile	Badan Geologi	2022
3	Peta Sesar Aktif Sumatera	Shapefile	PVMBG	2023
4	DEM SRTM 30m	Raster	NASA/USGS	2023
5	Peta Jenis Tanah	Shapefile	BIG/Kementan	2022
6	Peta Penggunaan Lahan	Shapefile	KLHK	2023
7	Data Curah Hujan 2018-2023	Tabular	BMKG Padang Panjang	2023
8	Data Amplifikasi Tanah	Raster	PVMBG	2022
9	Data Kepadatan Penduduk	Tabular	BPS Kab. Solok	2023
10	Data Kualitas Bangunan	Tabular	Dinas PUPR Kab. Solok	2023
11	Data Kejadian Bencana 2018-2023	Tabular	BPBD Kab. Solok	2023
12	Kuesioner AHP Pakar	Primer	12 Responden	2024

3.4 Responden Pakar AHP

Tabel 4. Profil Responden Pakar AHP

No	Instansi	Jumlah	Keahlian
1	BPBD Kabupaten Solok	3	Manajemen Bencana
2	PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi)	2	Geologi & Seismologi
3	BMKG Stasiun Geofisika Padang Panjang	2	Klimatologi & Seismologi
4	Universitas Andalas (Unand) Padang	2	Teknik Geologi & Lingkungan
5	Dinas PUPR Kabupaten Solok	2	Teknik Sipil & Infrastruktur
6	Bappeda Kabupaten Solok	1	Perencanaan Wilayah
	Total	12	

3.5 Kriteria dan Parameter Kerawanan

3.5.1 Kriteria Kerawanan Gempa Bumi

Tabel 5. Kriteria Parameter Kerawanan Gempa Bumi

Kode	Kriteria	Satuan	Sumber Data
G1	Jarak dari Sesar Aktif	Km	Peta Sesar PVMBG
G2	Jenis Batuan	Kelas	Peta Geologi
G3	Amplifikasi Tanah	Nilai	Peta Mikrotremor PVMBG
G4	Kepadatan Penduduk	Jiwa/km ²	BPS
G5	Kualitas Bangunan	Kelas	Survei PUPR

Tabel 6. Klasifikasi Skor Parameter Jarak dari Sesar Aktif (G1)

Kelas	Jarak dari Sesar (km)	Skor	Kategori
1	> 15	1	Sangat Rendah
2	10 – 15	2	Rendah
3	5 – 10	3	Sedang
4	2 – 5	4	Tinggi
5	0 – 2	5	Sangat Tinggi

Tabel 7. Klasifikasi Skor Parameter Jenis Batuan (G2)

Kelas	Jenis Batuan	Skor	Kategori
1	Batuan Beku Dalam (Granit)	1	Sangat Keras
2	Batuan Beku Luar (Andesit/Basalt)	2	Keras
3	Batuan Metamorf (Sekis/Filit)	3	Sedang
4	Batuan Sedimen (Batu Pasir/Gamping)	4	Lunak
5	Endapan Aluvial/Gambut	5	Sangat Lunak

Tabel 8. Klasifikasi Skor Parameter Amplifikasi Tanah (G3)

Kelas	Nilai Amplifikasi	Skor	Kategori
1	< 1,5	1	Sangat Rendah
2	1,5 – 2,5	2	Rendah
3	2,5 – 3,5	3	Sedang
4	3,5 – 5,0	4	Tinggi
5	> 5,0	5	Sangat Tinggi

Tabel 9. Klasifikasi Skor Parameter Kepadatan Penduduk (G4)

Kelas	Kepadatan (Jiwa/km ²)	Skor	Kategori
1	< 50	1	Sangat Rendah
2	50 – 150	2	Rendah
3	150 – 300	3	Sedang
4	300 – 500	4	Tinggi
5	> 500	5	Sangat Tinggi

Tabel 10. Klasifikasi Skor Parameter Kualitas Bangunan (G5)

Kelas	Kondisi Bangunan	Skor	Kategori
1	Bangunan tahan gempa SNI	1	Sangat Baik
2	Bangunan permanen layak	2	Baik
3	Bangunan semi permanen	3	Sedang
4	Bangunan tidak layak	4	Buruk
5	Bangunan sangat tidak layak/darurat	5	Sangat Buruk

3.5.2 Kriteria Kerawanan Longsor

Tabel 11. Kriteria Parameter Kerawanan Longsor

Kode	Kriteria	Satuan	Sumber Data
L1	Kemiringan Lereng	Derajat/%	DEM SRTM
L2	Jenis Tanah	Kelas	Peta Tanah BIG
L3	Curah Hujan	mm/tahun	BMKG
L4	Penggunaan Lahan	Kelas	KLHK
L5	Kedalaman Tanah Pelapukan	Meter	Peta Geologi

Tabel 12. Klasifikasi Skor Parameter Kemiringan Lereng (L1)

Kelas	Kemiringan	Skor	Kategori
1	0° – 8° (0-15%)	1	Datar
2	8° – 15° (15-27%)	2	Landai
3	15° – 25° (27-47%)	3	Agak Curam
4	25° – 45° (47-100%)	4	Curam
5	> 45° (>100%)	5	Sangat Curam

Tabel 13. Klasifikasi Skor Parameter Jenis Tanah (L2)

Kelas	Jenis Tanah	Skor	Permeabilitas
1	Latosol/Oxisol	1	Tinggi
2	Podsolik/Ultisol	2	Sedang Tinggi
3	Andosol/Inceptisol	3	Sedang
4	Regosol/Entisol	4	Sedang Rendah
5	Litosol/Organosol	5	Rendah

Tabel 14. Klasifikasi Skor Parameter Curah Hujan (L3)

Kelas	Curah Hujan (mm/tahun)	Skor	Kategori
1	< 2.000	1	Sangat Rendah
2	2.000 – 2.500	2	Rendah
3	2.500 – 3.000	3	Sedang
4	3.000 – 3.500	4	Tinggi
5	> 3.500	5	Sangat Tinggi

Tabel 15. Klasifikasi Skor Parameter Penggunaan Lahan (L4)

Kelas	Penggunaan Lahan	Skor	Kategori
1	Hutan Primer	1	Sangat Rendah
2	Hutan Sekunder/Perkebunan	2	Rendah
3	Semak/Ladang	3	Sedang
4	Sawah/Pertanian Lahan Kering	4	Tinggi
5	Permukiman/Lahan Terbuka	5	Sangat Tinggi

Tabel 16. Klasifikasi Skor Parameter Kedalaman Tanah Pelapukan (L5)

Kelas	Kedalaman (m)	Skor	Kategori
1	< 0,5	1	Sangat Dangkal
2	0,5 – 1,0	2	Dangkal
3	1,0 – 2,0	3	Sedang
4	2,0 – 3,0	4	Dalam
5	> 3,0	5	Sangat Dalam

3.6 Spesifikasi Teknis Sistem

Tabel 17. Spesifikasi Teknis Sistem WebGIS

Komponen	Spesifikasi
Framework Website	NextJS 16.2.9
Framework Frontend	React 19.2.7 + Tailwind CSS 4.3.0
Library WebGIS	Leaflet 1.9.4 + React-Leaflet 5.0.0 + Leaflet Fullscreen
Pengolahan File Peta	toGeoJSON 7.1.2, shpjs 6.2.0, JSZip 3.10.1 untuk KML, KMZ, SHP, dan GeoJSON
Database & ORM	MySQL/MariaDB menggunakan mysql2 3.22.5 + Drizzle ORM 0.45.2
Validasi & Form	Zod 4.4.3 + React Hook Form 7.78.0 + Hookform Resolvers 5.4.0
Autentikasi & Keamanan	jose 6.2.3 (JWT), bcryptjs 3.0.3, sanitize-html 2.17.4
Tabel & Visualisasi Data	TanStack React Table 8.21.3 + Recharts 3.8.1
UI, Ikon, dan Notifikasi	FontAwesome 7.2.0, SweetAlert2 11.26.25, animate.css 4.1.1, clsx, tailwind-merge
Software GIS Desktop	QGIS 3.28 LTS (Preprocessing)
Tile Map	OpenStreetMap/Leaflet Tile Layer
Runtime/Server	Node.js + Next.js server (next dev, next build, next start)
Bahasa Pemrograman	TypeScript 6.0.3, JavaScript/TSX, SQL

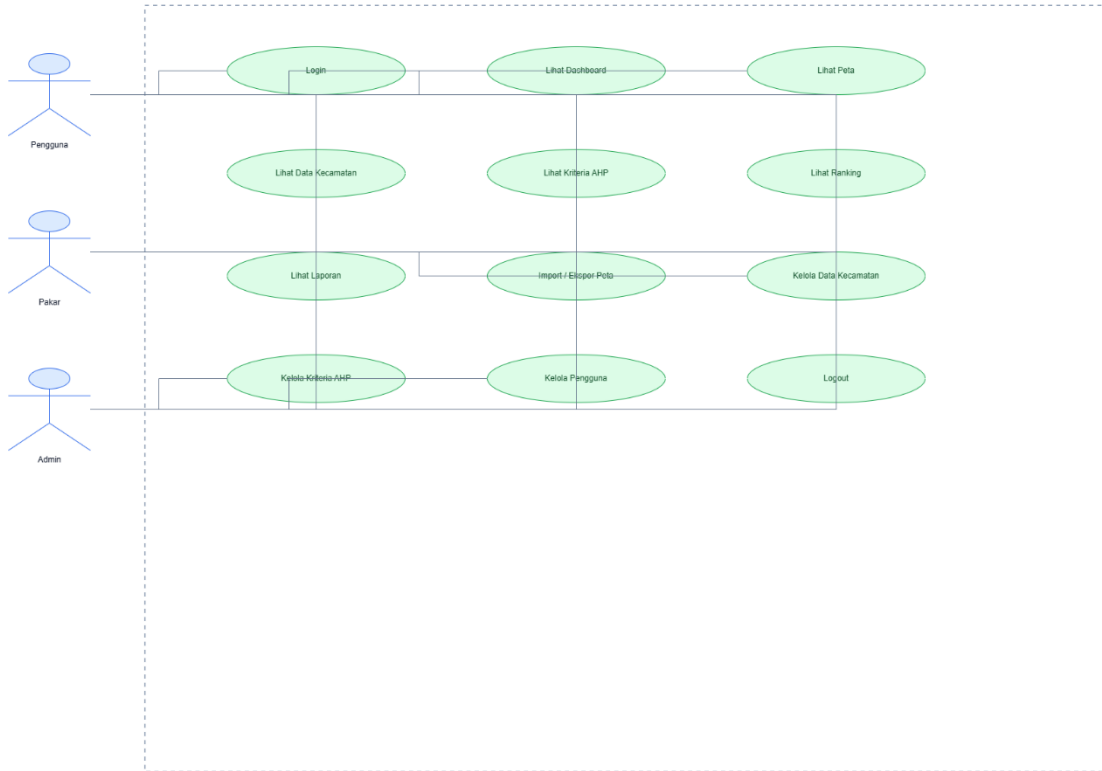
3.7 Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem digunakan untuk menggambarkan kebutuhan fungsional, alur proses, interaksi pengguna, struktur modul,

rancangan basis data, perubahan state, serta arsitektur implementasi WebGIS SPK. Hasil pemodelan dari berkas Draw.io disajikan secara berurutan pada gambar berikut.

Use Case Diagram WebGIS SPK Kabupaten Solok

Role sistem: admin, pakar, user, viewer



Gambar 2. Use Case Diagram Sistem WebGIS SPK Kabupaten Solok

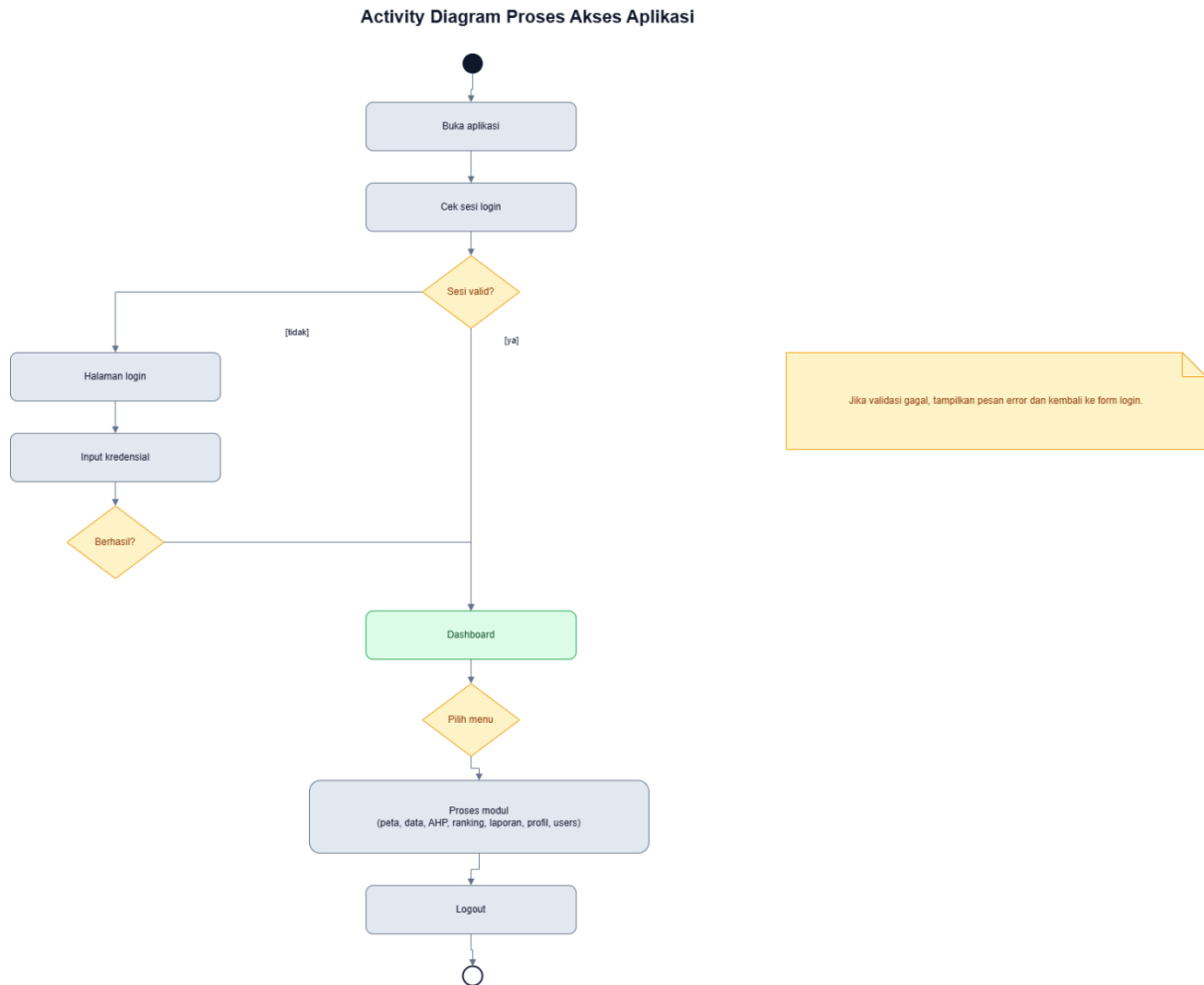
Gambar 2 memperlihatkan interaksi aktor Pengguna, Pakar, dan Admin dengan sistem. Pengguna dapat mengakses peta, dashboard, data kecamatan, kriteria, ranking, dan laporan, sedangkan Pakar dan Admin memiliki hak akses lebih untuk mengelola data, kriteria AHP, pengguna, serta proses impor dan ekspor peta.

Use Case Description

<p>1. Login / Logout Aktor: semua pengguna Pra-kondisi: belum login / sesi aktif Alur: input username dan password, validasi ke API, cookie webgis_token dibuat atau dihapus Pasca-kondisi: sesi aktif atau sesi berakhir</p>	<p>2. Lihat Dashboard Aktor: semua pengguna login Pra-kondisi: sesi valid Alur: load metrik, ranking, grafik, dan ringkasan AHP dari database Pasca-kondisi: dashboard menampilkan kondisi rawan Kabupaten Solok</p>
<p>3. Peta Interaktif Aktor: semua pengguna login Pra-kondisi: sesi valid Alur: tampilkan layer gempa, longsor, gabungan, import KML/KMZ/SHP, popup detail kecamatan, export KML/KMZ Pasca-kondisi: peta dan file peta tersimpan / tampilkan</p>	<p>4. Lihat Data Kecamatan Aktor: semua pengguna login Pra-kondisi: sesi valid Alur: tampilkan tabel, filter, search, pagination; admin dan pakar bisa tambah, ubah, hapus Pasca-kondisi: data kecamatan terbaca / tersimpan</p>
<p>5. Kriteria AHP Aktor: semua pengguna login Pra-kondisi: sesi valid Alur: lihat bobot, persentase, urutan, dan consistency ratio; admin dan pakar bisa CRUD kriteria Pasca-kondisi: pembobotan tersimpan dan terbaca</p>	<p>6. Ranking dan Laporan Aktor: semua pengguna login Pra-kondisi: sesi valid Alur: urutkan prioritas kecamatan, filter laporan, ekspor CSV aktif; tombol PDF masih placeholder info pada UI Pasca-kondisi: rekap data didapat</p>
<p>7. Kelola Data dan Kriteria Aktor: admin dan pakar Pra-kondisi: role sesuai Alur: tambah, ubah, hapus data kecamatan atau kriteria melalui API PUT / POST / DELETE Pasca-kondisi: data analisis terbaru</p>	<p>8. Kelola Pengguna Aktor: admin Pra-kondisi: role admin Alur: tambah, ubah, nonaktifkan, dan hapus akun melalui halaman users Pasca-kondisi: akses pengguna berubah</p>

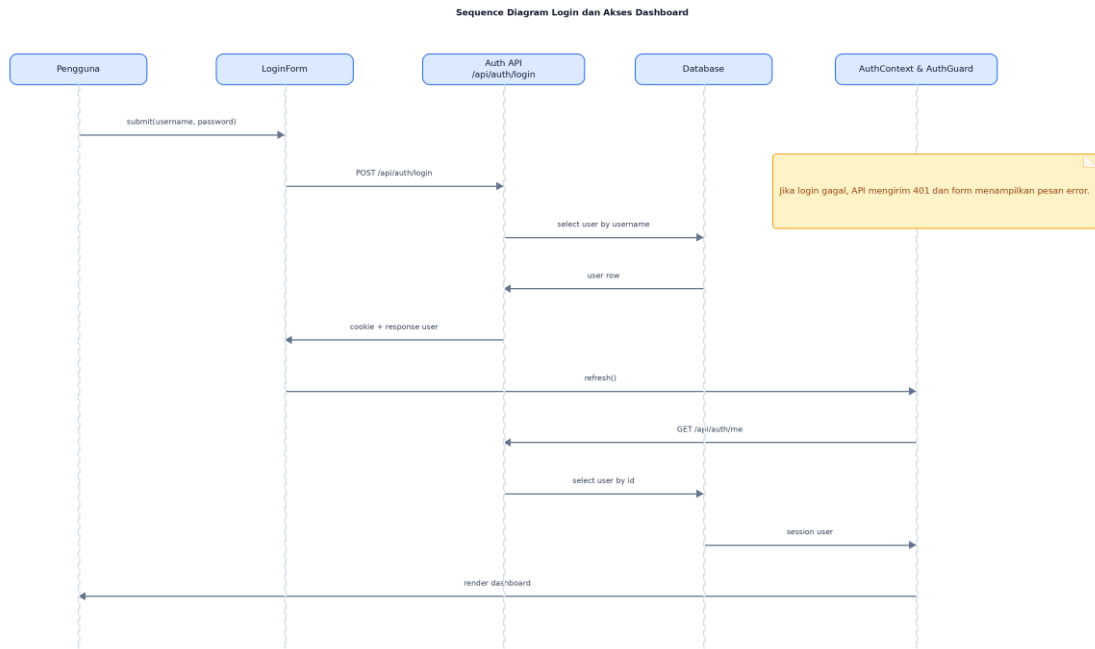
Gambar 3. Deskripsi Use Case Sistem WebGIS SPK Kabupaten Solok

Gambar 3 menjelaskan rincian fungsi pada setiap use case, seperti login, dashboard, peta, data kecamatan, kriteria AHP, ranking, laporan, impor/ekspor peta, pengelolaan data, pengelolaan pengguna, dan logout. Deskripsi ini digunakan sebagai acuan kebutuhan fungsional sistem.



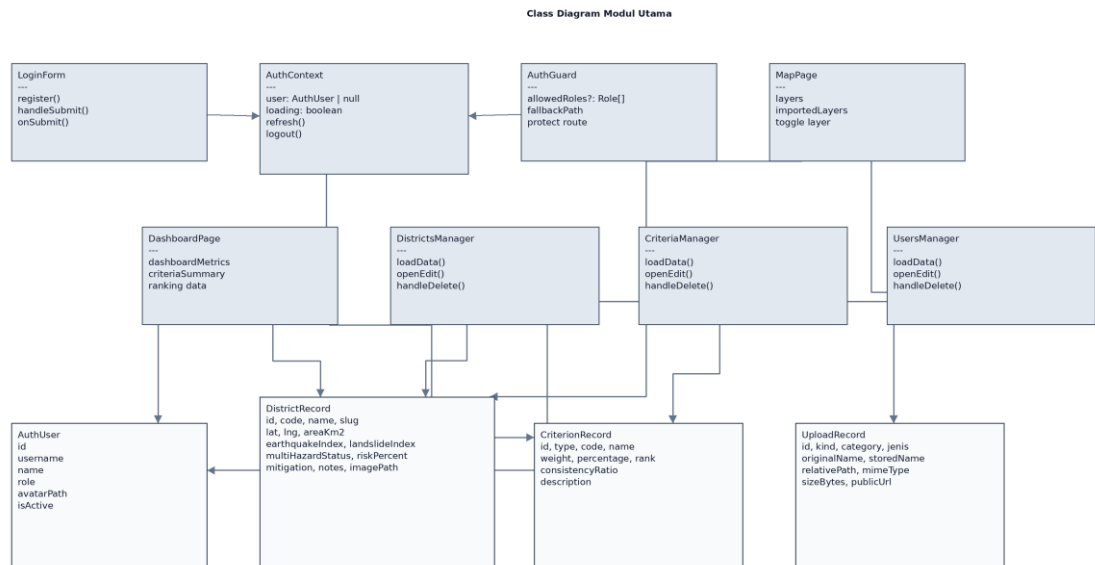
Gambar 4. Activity Diagram Proses Akses Aplikasi

Gambar 4 menunjukkan alur aktivitas pengguna ketika mengakses aplikasi. Proses diawali dari membuka aplikasi, melakukan login, verifikasi kredensial, masuk ke dashboard, memilih menu yang tersedia, memproses modul, hingga pengguna melakukan logout dari sistem.



Gambar 5. Sequence Diagram Login dan Akses Dashboard

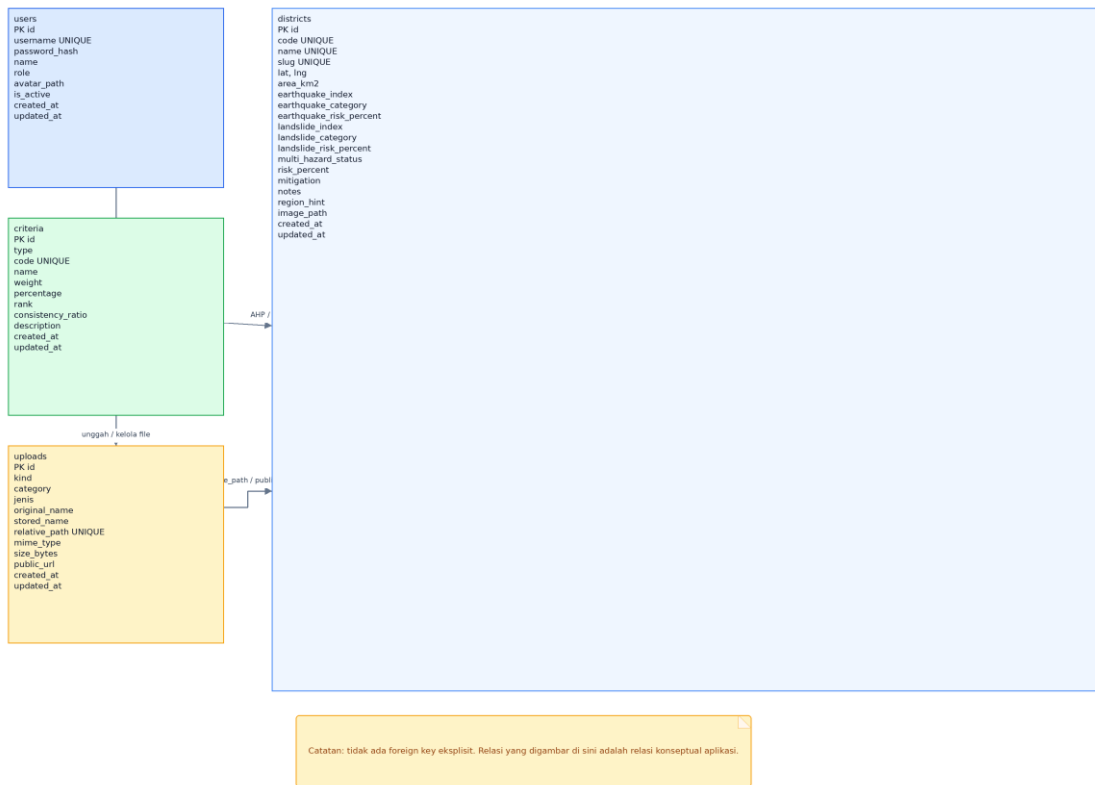
Gambar 5 menggambarkan urutan komunikasi antara pengguna, form login, aplikasi WebGIS, database, dan layanan autentikasi. Diagram ini memperjelas proses pengiriman kredensial, validasi data login, pengecekan sesi, sampai sistem menampilkan dashboard ketika autentikasi berhasil.



Gambar 6. Class Diagram Modul Utama

Gambar 6 menampilkan struktur kelas atau modul utama sistem, seperti login, autentikasi, dashboard, data kecamatan, kriteria, peta, pengguna, dan laporan. Pemodelan ini membantu menggambarkan pembagian tanggung jawab antar komponen dalam pengembangan aplikasi.

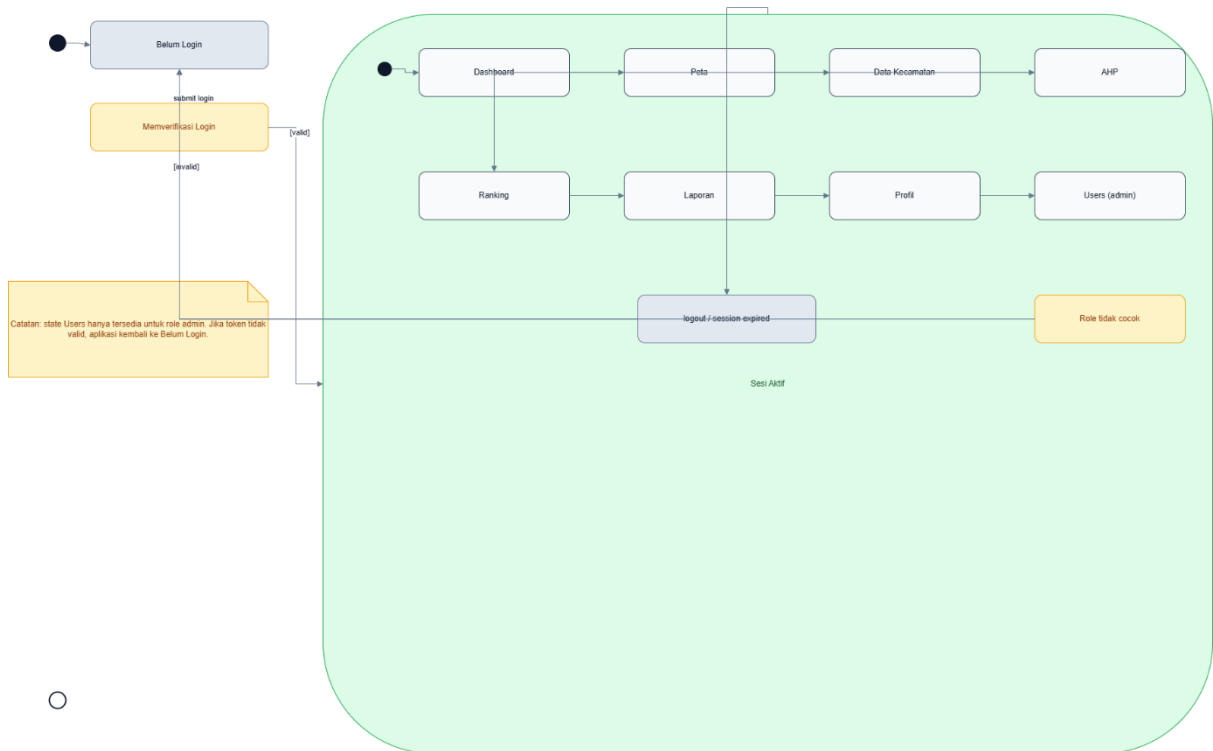
ERD / Database Design



Gambar 7. Entity Relationship Diagram Database Sistem

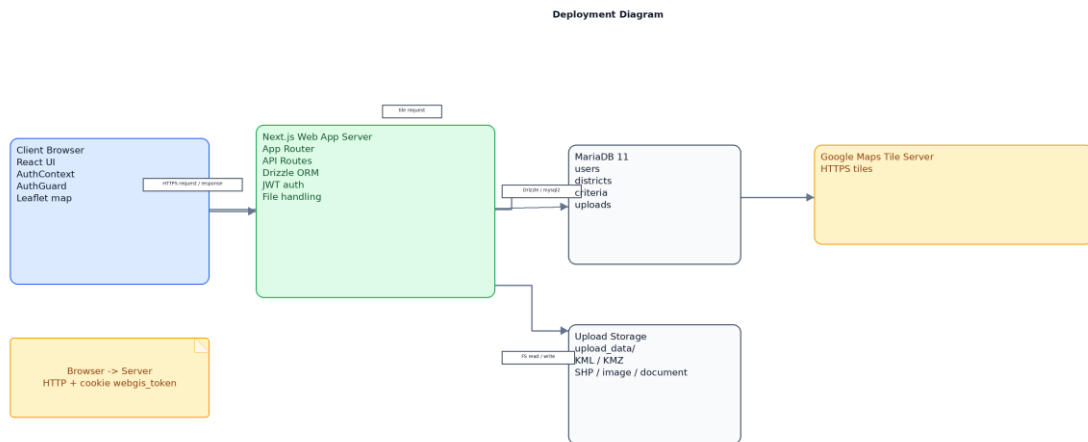
Gambar 7 memperlihatkan rancangan basis data yang memuat relasi antara tabel pengguna, kriteria, kecamatan, hasil perhitungan, dan data peta. ERD digunakan sebagai dasar penyusunan database agar penyimpanan data AHP, hasil analisis, dan data WebGIS lebih terstruktur.

Statechart Diagram Sesi dan Navigasi Aplikasi



Gambar 8. Statechart Diagram Sesi dan Navigasi Aplikasi

Gambar 8 menunjukkan perubahan status aplikasi dari kondisi belum login, proses login, dashboard aktif, pemilihan menu, sampai sesi pengguna berakhir. Diagram ini membantu menjelaskan perilaku sistem ketika pengguna berpindah menu atau keluar dari aplikasi.



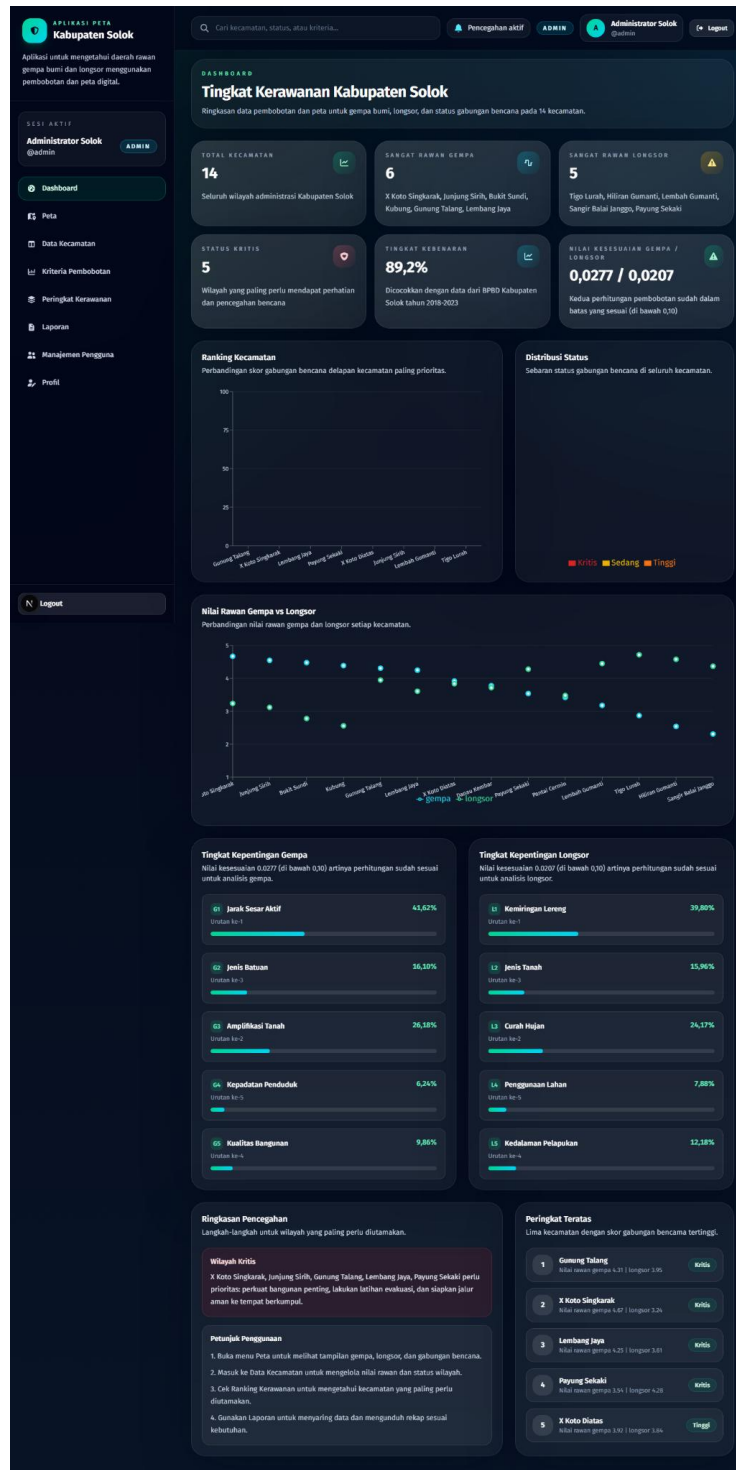
Gambar 9. Deployment Diagram Sistem WebGIS

Gambar 9 menggambarkan arsitektur deployment sistem WebGIS yang terdiri dari client browser, aplikasi web, server, database, penyimpanan file, dan layanan peta eksternal. Diagram ini menjadi acuan implementasi sistem pada lingkungan server agar hubungan antar komponen dapat dipahami dengan jelas.

3.8 Implementasi Antarmuka Sistem

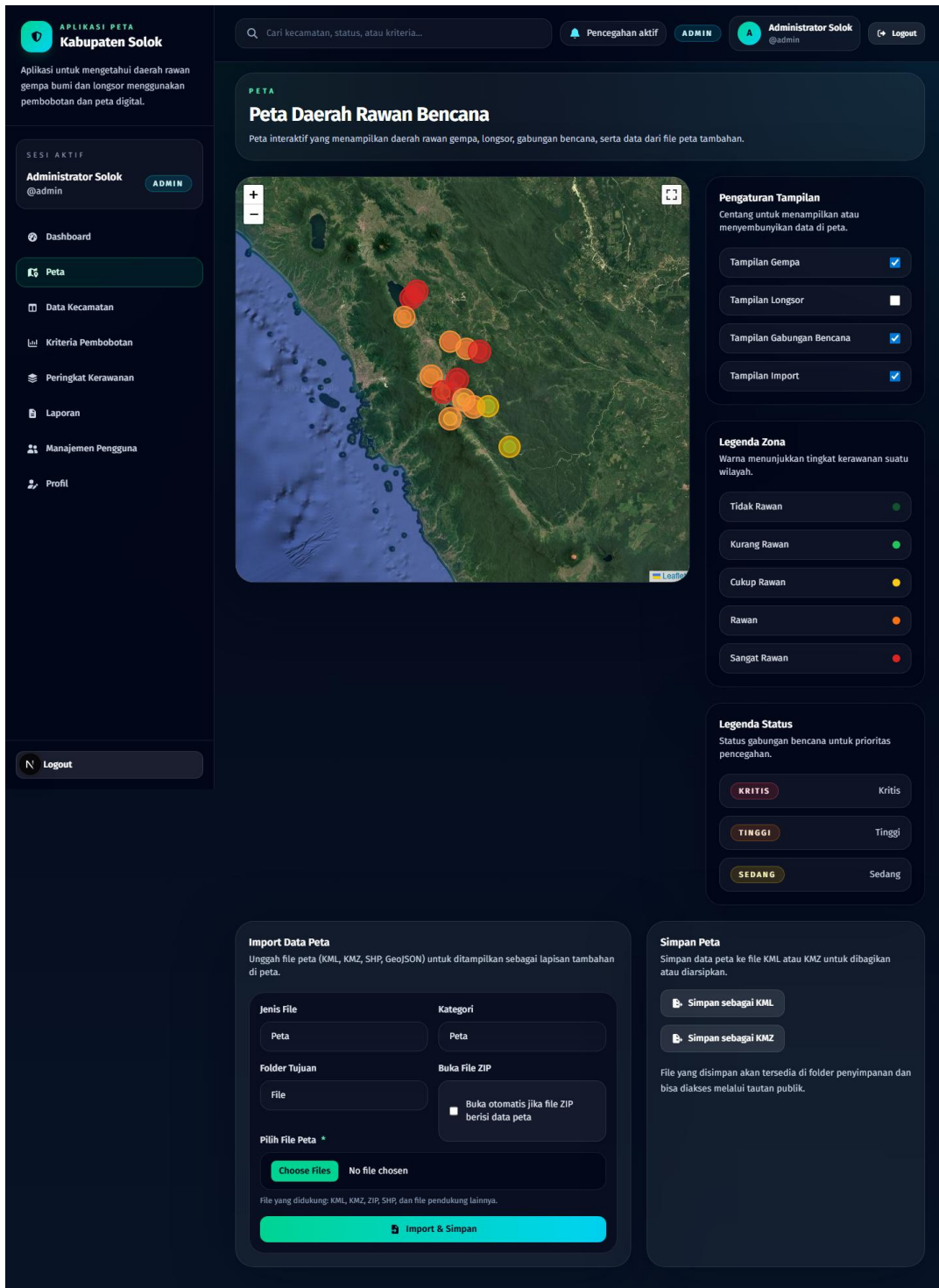
Setelah tahap pemodelan sistem selesai, langkah berikutnya adalah merealisasikan rancangan tersebut ke dalam bentuk aplikasi WebGIS yang dapat digunakan. Hasil implementasi

antarmuka sistem ditampilkan pada gambar-gambar berikut untuk memperlihatkan fungsi utama sistem, mulai dari dashboard, peta interaktif, kriteria pembobotan, peringkat kerawanan, proses inisialisasi sesi, manajemen pengguna, hingga profil akun.



Gambar 10. Dashboard Sistem WebGIS SPK Kabupaten Solok

Gambar 10 menampilkan halaman dashboard utama sistem yang berisi ringkasan tingkat kerawanan gempa dan longsor di Kabupaten Solok. Pada halaman ini disajikan informasi total kecamatan, jumlah wilayah sangat rawan, status kritis, tingkat akurasi sistem, grafik perbandingan nilai, serta ringkasan prioritas pencegahan yang membantu pengguna memahami kondisi wilayah secara cepat.



Gambar 11. Halaman Peta Daerah Rawan Bencana

Gambar 11 menunjukkan halaman peta interaktif yang digunakan untuk memvisualisasikan sebaran daerah rawan bencana. Halaman ini menyediakan pilihan layer gempa, longsor, dan gabungan bencana, legenda warna tingkat kerawanan, serta fasilitas impor dan penyimpanan data peta dalam format KML maupun KMZ.

APLIKASI PETA Kabupaten Solok
 Aplikasi untuk mengetahui daerah rawan gempa bumi dan longsor menggunakan pembobotan dan peta digital.

KRITERIA PEMBOBOTAN
Tingkat Kepentingan dan Nilai Kesesuaian
 Lihat kriteria gempa dan longsor, tingkat kepentingan, urutan, serta nilai kesesuaian perhitungan.

KRITERIA PEMBOBOTAN
Tingkat Kepentingan Gempa dan Longsor
 Lihat tingkat kepentingan, urutan, dan nilai kesesuaian untuk analisa daerah rawan Kabupaten Solok. [+ Tambah Kriteria](#)

Fitter Tipe: Semua | KESESUAIAN: Nilai < 0,10 (Sesuai) | TOTAL KRITERIA: 10

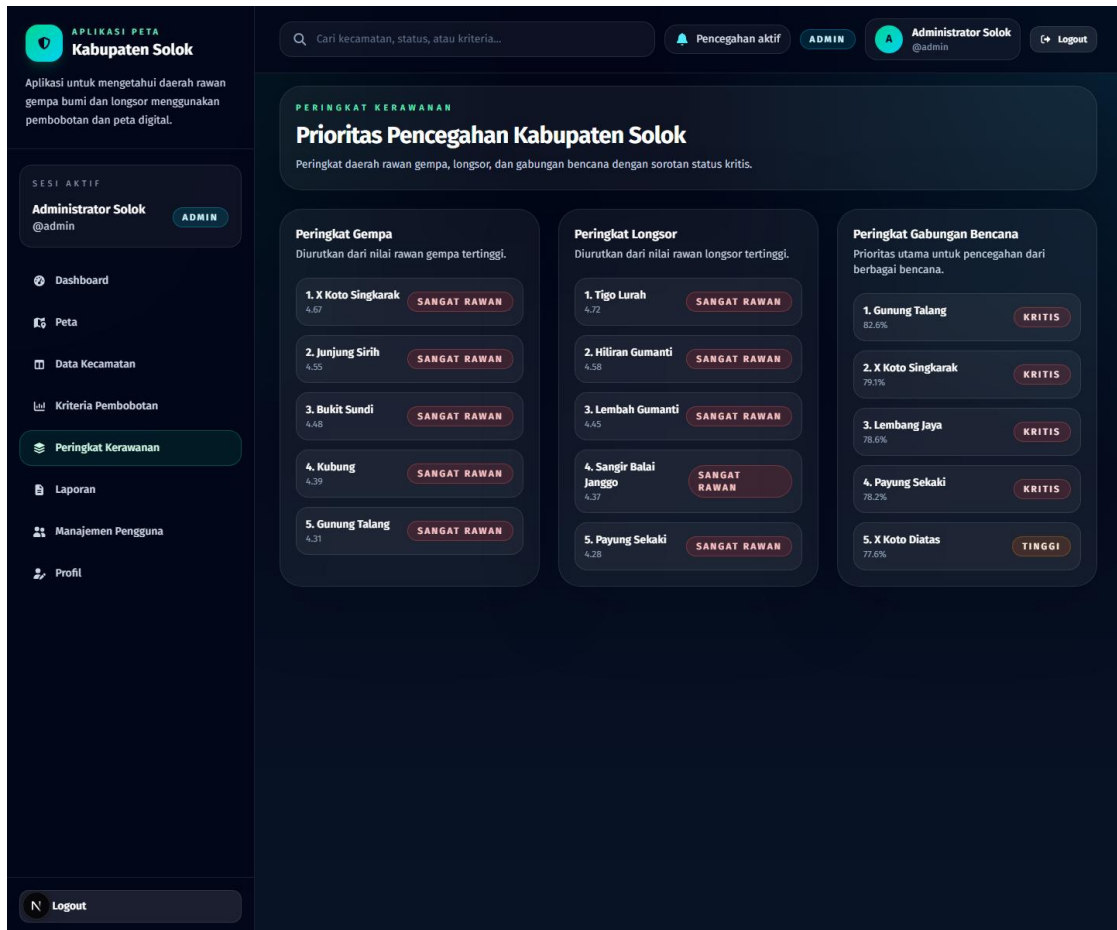
Tabel Kriteria
 Tingkat kepentingan, urutan, dan nilai kesesuaian untuk gempa bumi dan tanah longsor.

Kode	Nama Kriteria	Tipe	Tingkat Kepentingan	Persentase	Urutan	Nilai Kesesuaian	Aksi
G1	Jarak Sesar Aktif Semakin dekat dengan patahan bumi aktif, semakin tinggi risiko gempa di wilayah tersebut.	GEMPA	0,4162	41,62%	1	0,0277 (Sesuai)	Edit, Hapus
L1	Kemiringan Lereng Semakin curam lereng suatu wilayah, semakin besar potensi tanah longornya.	LONGSOR	0,3980	39,80%	1	0,0207 (Sesuai)	Edit, Hapus
G3	Amplifikasi Tanah Tanah yang lunak akan bergetar lebih kuat saat gempa dibandingkan tanah yang keras.	GEMPA	0,2618	26,18%	2	0,0277 (Sesuai)	Edit, Hapus
L3	Curah Hujan Hujan deras yang terus-menerus bisa membuat tanah jenuh air dan memicu longsor.	LONGSOR	0,2417	24,17%	2	0,0207 (Sesuai)	Edit, Hapus
G2	Jenis Batuan Jenis batuan di suatu daerah bisa memperkuat atau memperlemah guncangan saat gempa bumi.	GEMPA	0,1610	16,10%	3	0,0277 (Sesuai)	Edit, Hapus
L2	Jenis Tanah Tanah yang gembur dan mudah menyerap air lebih rentan longsor dibanding tanah yang padat.	LONGSOR	0,1596	15,96%	3	0,0207 (Sesuai)	Edit, Hapus
G5	Kualitas Bangunan Bangunan yang kuat dan bagus akan lebih tahan terhadap guncangan gempa bumi.	GEMPA	0,0986	9,86%	4	0,0277 (Sesuai)	Edit, Hapus
L5	Kedalaman Pelapukan Tanah lapuk yang tebal di permukaan lebih mudah bergerak dan longsor saat hujan.	LONGSOR	0,1218	12,18%	4	0,0207 (Sesuai)	Edit, Hapus
G4	Kepadatan Penduduk Semakin padat penduduk, semakin besar dampak yang mungkin timbul saat bencana gempa.	GEMPA	0,0624	6,24%	5	0,0277 (Sesuai)	Edit, Hapus
L4	Penggunaan Lahan Lahan yang gundul atau beralih fungsi bisa membuat lereng menjadi tidak stabil.	LONGSOR	0,0788	7,88%	5	0,0207 (Sesuai)	Edit, Hapus

Menampilkan 10 dari 10 data. [Prev](#) 1 / 1 [Next](#)

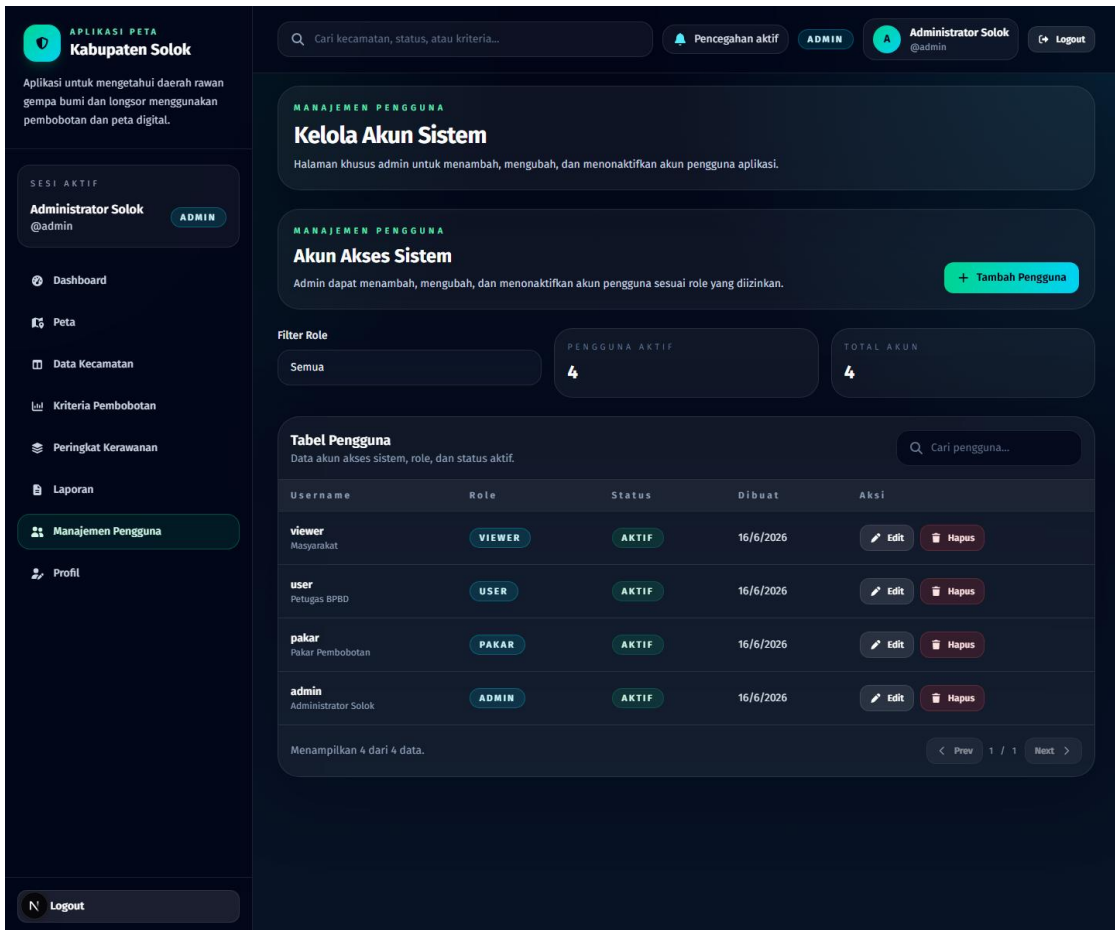
Gambar 12. Halaman Kriteria Pembobotan AHP

Gambar 12 memperlihatkan halaman kriteria pembobotan yang memuat daftar kriteria gempa dan longsor beserta bobot, persentase, urutan prioritas, dan nilai kesesuaian. Halaman ini mendukung proses evaluasi hasil AHP sehingga pengguna dapat melihat faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam penentuan tingkat kerawanan.



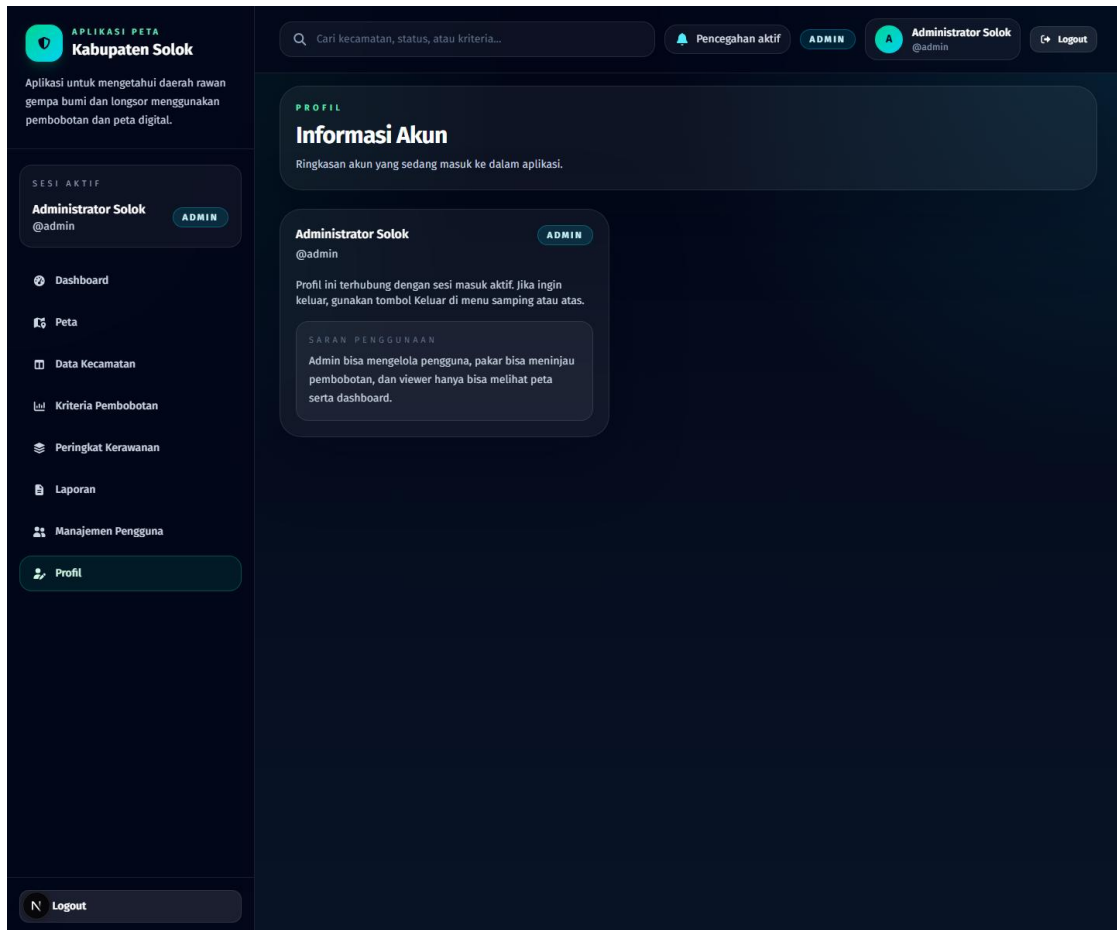
Gambar 13. Halaman Peringkat Kerawanan

Gambar 13 menampilkan peringkat kerawanan gempa, peringkat longsor, dan peringkat gabungan bencana untuk wilayah Kabupaten Solok. Informasi ini berguna untuk menentukan prioritas penanganan dan pencegahan pada kecamatan yang memiliki tingkat risiko paling tinggi.



Gambar 15. Halaman Manajemen Pengguna

Gambar 15 memperlihatkan halaman manajemen pengguna yang digunakan admin untuk menambah, mengubah, dan menghapus akun sistem. Halaman ini juga menampilkan informasi role, status akun, tanggal pembuatan, dan fitur pencarian sehingga pengelolaan akses pengguna dapat dilakukan secara terstruktur.



Gambar 16. Halaman Profil Pengguna

Gambar 16 menampilkan halaman profil pengguna yang berisi identitas akun yang sedang aktif dalam aplikasi. Selain menunjukkan nama pengguna, username, dan role, halaman ini juga memberikan ringkasan penggunaan sistem sesuai hak akses yang dimiliki oleh pengguna.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembobotan AHP untuk Kerawanan Gempa Bumi

4.1.1 Matriks Perbandingan Berpasangan Gempa

Tabel 18. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria Gempa Bumi

Kriteria	G1	G2	G3	G4	G5
G1 (Jarak Sesar)	1	3	2	5	4
G2 (Jenis Batuan)	1/3	1	1/2	3	2
G3 (Amplifikasi)	1/2	2	1	4	3
G4 (Kepadatan Pddk)	1/5	1/3	1/4	1	1/2
G5 (Kualitas Bgn)	1/4	1/2	1/3	2	1
Jumlah	2,283	6,833	4,083	15,000	10,500

4.1.2 Matriks Normalisasi dan Bobot Kriteria Gempa

Tabel 19. Matriks Normalisasi dan Bobot Kriteria Gempa Bumi

Kriteria	G1	G2	G3	G4	G5	Bobot (Wi)
G1	0,4380	0,4390	0,4898	0,3333	0,3810	0,4162
G2	0,1460	0,1463	0,1224	0,2000	0,1905	0,1610
G3	0,2190	0,2927	0,2449	0,2667	0,2857	0,2618
G4	0,0876	0,0488	0,0612	0,0667	0,0476	0,0624
G5	0,1095	0,0732	0,0816	0,1333	0,0952	0,0986
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

4.1.3 Uji Konsistensi Gempa

- $\lambda_{\max} = 5,124$
- $n = 5$
- $CI = (5,124 - 5) / (5 - 1) = 0,031$

- **RI = 1,12** (untuk n = 5)
- **CR = 0,031 / 1,12 = 0,0277**

Karena **CR = 0,0277 < 0,10**, penilaian pakar untuk kriteria gempa dinyatakan konsisten.

Tabel 20. Rekapitulasi Bobot Kriteria Gempa Bumi

No	Kriteria	Bobot	Persentase	Peringkat
1	Jarak dari Sesar Aktif (G1)	0,4162	41,62%	1
2	Amplifikasi Tanah (G3)	0,2618	26,18%	2
3	Jenis Batuan (G2)	0,1610	16,10%	3
4	Kualitas Bangunan (G5)	0,0986	9,86%	4
5	Kepadatan Penduduk (G4)	0,0624	6,24%	5
	Total	1,000	100%	

4.2 Hasil Pembobotan AHP untuk Kerawanan Longsor

4.2.1 Matriks Perbandingan Berpasangan Longsor

Tabel 21. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria Longsor

Kriteria	L1	L2	L3	L4	L5
L1 (Kemiringan)	1	3	2	4	3
L2 (Jenis Tanah)	1/3	1	1/2	2	2
L3 (Curah Hujan)	1/2	2	1	3	2
L4 (Penggunaan Lahan)	1/4	1/2	1/3	1	1/2
L5 (Kedalaman Pelapukan)	1/3	1/2	1/2	2	1
Jumlah	2,417	7,000	4,333	12,000	8,500

4.2.2 Matriks Normalisasi dan Bobot Kriteria Longsor

Tabel 22. Matriks Normalisasi dan Bobot Kriteria Longsor

Kriteria	L1	L2	L3	L4	L5	Bobot (Wi)
L1	0,4138	0,4286	0,4615	0,3333	0,3529	0,3980
L2	0,1379	0,1429	0,1154	0,1667	0,2353	0,1596
L3	0,2069	0,2857	0,2308	0,2500	0,2353	0,2417
L4	0,1034	0,0714	0,0769	0,0833	0,0588	0,0788
L5	0,1379	0,0714	0,1154	0,1667	0,1176	0,1218
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

4.2.3 Uji Konsistensi Longsor

- $\lambda_{max} = 5,093$
- $n = 5$
- $CI = (5,093 - 5) / (5 - 1) = 0,023$

- **RI = 1,12** (untuk n = 5)

- **CR = 0,023 / 1,12 = 0,0207**

Karena **CR = 0,0207 < 0,10**, penilaian pakar untuk kriteria longsor dinyatakan konsisten.

Tabel 23. Rekapitulasi Bobot Kriteria Longsor

No	Kriteria	Bobot	Persentase	Peringkat
1	Kemiringan Lereng (L1)	0,3980	39,80%	1
2	Curah Hujan (L3)	0,2417	24,17%	2
3	Jenis Tanah (L2)	0,1596	15,96%	3
4	Kedalaman Pelapukan (L5)	0,1218	12,18%	4
5	Penggunaan Lahan (L4)	0,0788	7,88%	5
	Total	1,000	100%	

4.3 Pengolahan Data Spasial

4.3.1 Formula Weighted Overlay

Formula Indeks Kerawanan Gempa:

$$IK_{Gempa} = (S_{G1} \times 0,4162) + (S_{G2} \times 0,1610) + (S_{G3} \times 0,2618) + (S_{G4} \times 0,0624) + (S_{G5} \times 0,0986)$$

Formula Indeks Kerawanan Longsor:

$$IK_{Longsor} = (S_{L1} \times 0,3980) + (S_{L2} \times 0,1596) + (S_{L3} \times 0,2417) + (S_{L4} \times 0,0788) + (S_{L5} \times 0,1218)$$

dimana S = skor parameter (1-5)

4.3.2 Klasifikasi Zona Kerawanan

Tabel 24. Klasifikasi Zona Kerawanan Multi-Hazard

Kelas	Indeks Kerawanan	Kategori	Warna Peta
1	1,00 – 1,80	Tidak Rawan	Hijau Tua
2	1,81 – 2,60	Kurang Rawan	Hijau Muda
3	2,61 – 3,40	Cukup Rawan	Kuning
4	3,41 – 4,20	Rawan	Oranye

Kelas	Indeks Kerawanan	Kategori	Warna Peta
5	4,21 – 5,00	Sangat Rawan	Merah

4.4 Hasil Analisis Kerawanan Gempa Bumi per Kecamatan

Tabel 25. Hasil Analisis Kerawanan Gempa Bumi per Kecamatan Kabupaten Solok

No	Kecamatan	IK Gempa	Kategori	Luas (km ²)	% Rawan
1	X Koto Singkarak	4,67	Sangat Rawan	126,75	89,2%
2	Junjung Sirih	4,55	Sangat Rawan	156,30	85,7%
3	Bukit Sundi	4,48	Sangat Rawan	62,10	83,4%
4	Kubung	4,39	Sangat Rawan	191,80	81,2%
5	Gunung Talang	4,31	Sangat Rawan	139,00	78,5%
6	Lembang Jaya	4,25	Sangat Rawan	115,22	76,3%
7	X Koto Diatas	3,92	Rawan	270,59	68,4%
8	Danau Kembar	3,78	Rawan	84,71	62,1%
9	Payung Sekaki	3,54	Rawan	272,39	57,8%
10	Pantai Cermin	3,42	Rawan	96,20	54,3%
11	Lembah Gumanti	3,18	Cukup Rawan	299,37	43,5%
12	Tigo Lurah	2,87	Cukup Rawan	536,28	35,2%
13	Hiliran Gumanti	2,54	Kurang Rawan	502,35	22,7%
14	Sangir Balai Janggo	2,31	Kurang Rawan	485,54	18,4%
	Total/Rata-rata	3,66	Rawan	3.738,00	

Berdasarkan hasil analisis, terdapat **6 kecamatan yang masuk kategori Sangat Rawan Gempa Bumi**, yaitu:

- X Koto Singkarak** (IK: 4,67) – Berbatasan langsung dengan Segmen Sumani Sesar Sumatera di tepi Danau Singkarak
- Junjung Sirih** (IK: 4,55) – Dilalui langsung oleh Sesar Sumatera
- Bukit Sundi** (IK: 4,48) – Berada di zona amplifikasi tanah tinggi
- Kubung** (IK: 4,39) – Ibukota kabupaten dengan kepadatan penduduk tertinggi
- Gunung Talang** (IK: 4,31) – Dekat dengan Gunung Talang dan jalur sesar
- Lembang Jaya** (IK: 4,25) – Topografi lembah dengan amplifikasi tanah tinggi

4.5 Hasil Analisis Kerawanan Longsor per Kecamatan

Tabel 26. Hasil Analisis Kerawanan Longsor per Kecamatan Kabupaten Solok

No	Kecamatan	IK Longsor	Kategori	Luas (km ²)	% Rawan
1	Tigo Lurah	4,72	Sangat Rawan	536,28	91,3%
2	Hiliran Gumanti	4,58	Sangat Rawan	502,35	87,6%
3	Lembah Gumanti	4,45	Sangat Rawan	299,37	84,2%
4	Sangir Balai Janggo	4,37	Sangat Rawan	485,54	81,8%
5	Payung Sekaki	4,28	Sangat Rawan	272,39	79,4%
6	Gunung Talang	3,95	Rawan	139,00	71,2%
7	X Koto Diatas	3,84	Rawan	270,59	67,5%
8	Danau Kembar	3,72	Rawan	84,71	63,8%
9	Lembang Jaya	3,61	Rawan	115,22	60,4%
10	Pantai Cermin	3,48	Rawan	96,20	56,2%
11	X Koto Singkarak	3,24	Cukup Rawan	126,75	45,7%
12	Junjung Sirih	3,12	Cukup Rawan	156,30	41,3%
13	Bukit Sundi	2,78	Kurang Rawan	62,10	28,4%
14	Kubung	2,56	Kurang Rawan	191,80	23,1%
	Total/Rata-rata	3,69	Rawan	3.738,00	

Berdasarkan hasil analisis, terdapat **5 kecamatan yang masuk kategori Sangat Rawan Longsor**, yaitu:

- Tigo Lurah** (IK: 4,72) – Kemiringan lereng sangat curam dan curah hujan tertinggi
- Hiliran Gumanti** (IK: 4,58) – Topografi pegunungan terjal dengan hutan yang terdegradasi
- Lembah Gumanti** (IK: 4,45) – Lembah sempit dengan lereng curam di kedua sisinya
- Sangir Balai Janggo** (IK: 4,37) – Wilayah terpencil dengan akses sulit dan lereng sangat curam
- Payung Sekaki** (IK: 4,28) – Curah hujan tinggi dan jenis tanah rentan longsor

4.6 Peta Zonasi Multi-Hazard Kabupaten Solok

Tabel 27. Rekapitulasi Zonasi Multi-Hazard per Kecamatan

No	Kecamatan	Kategori Gempa	Kategori Longsor	Status Multi-Hazard
1	X Koto Singkarak	Sangat Rawan	Cukup Rawan	Kritis
2	Junjung Sirih	Sangat Rawan	Cukup Rawan	Kritis

No	Kecamatan	Kategori Gempa	Kategori Longsor	Status Multi-Hazard
3	Bukit Sundi	Sangat Rawan	Kurang Rawan	Tinggi
4	Kubung	Sangat Rawan	Kurang Rawan	Tinggi
5	Gunung Talang	Sangat Rawan	Rawan	Kritis
6	Lembang Jaya	Sangat Rawan	Rawan	Kritis
7	X Koto Diatas	Rawan	Rawan	Tinggi
8	Danau Kembar	Rawan	Rawan	Tinggi
9	Payung Sekaki	Rawan	Sangat Rawan	Kritis
10	Pantai Cermin	Rawan	Rawan	Tinggi
11	Lembah Gumanti	Cukup Rawan	Sangat Rawan	Tinggi
12	Tigo Lurah	Cukup Rawan	Sangat Rawan	Tinggi
13	Hiliran Gumanti	Kurang Rawan	Sangat Rawan	Sedang
14	Sangir Balai Janggo	Kurang Rawan	Sangat Rawan	Sedang

Keterangan Status Multi-Hazard:

- **KRITIS:** Sangat rawan terhadap minimal satu jenis bencana DAN rawan atau lebih terhadap bencana lainnya
- **TINGGI:** Rawan terhadap kedua jenis bencana atau sangat rawan terhadap satu bencana
- **SEDANG:** Cukup rawan terhadap satu jenis bencana

Hasil analisis menunjukkan bahwa **5 kecamatan berstatus KRITIS** (X Koto Singkarak, Junjung Sirih, Gunung Talang,

Tabel 28. Hasil Validasi Akurasi Sistem

Jenis Bencana	Total Kejadian	Terprediksi Benar	Tidak Terprediksi	Akurasi
Gempa Bumi	23	21	2	91,3%
Tanah Longsor	41	35	6	85,4%
Total/Rata-rata	64	56	8	87,5%

Matriks Konfusi Gempa Bumi:

	Prediksi Rawan	Prediksi Tidak Rawan	Total
Aktual Rawan	21 (TP)	2 (FN)	23
Aktual Tidak Rawan	3 (FP)	34 (TN)	37
Total	24	36	60

$$Akurasi_{Gempa} = \frac{21+34}{21+34+3+2} = \frac{55}{60} = 91,7\%$$

Matriks Konfusi Longsor:

	Prediksi Rawan	Prediksi Tidak Rawan	Total
Aktual Rawan	35 (TP)	6 (FN)	41
Aktual Tidak Rawan	5 (FP)	37 (TN)	42
Total	40	43	83

$$Akurasi_{Longsor} = \frac{35+37}{35+37+5+6} = \frac{72}{83} = 86,7\%$$

$$Akurasi_{Rata-rata} = \frac{91,7\%+86,7\%}{2} = 89,2\%$$

Tingkat akurasi rata-rata sistem sebesar **89,2%** menunjukkan bahwa model integrasi AHP-SIG yang dibangun sangat handal dalam mengidentifikasi daerah rawan bencana di Kabupaten Solok.

4.8 Implementasi Sistem WebGIS

4.8.1 Fitur Utama Sistem

Sistem WebGIS yang dibangun memiliki fitur-fitur unggulan sebagai berikut:

1. Peta Multi-Layer Interaktif

Lembang Jaya, dan Payung Sekaki), **7 kecamatan berstatus TINGGI**, dan **2 kecamatan berstatus SEDANG**. Tidak ada kecamatan di Kabupaten Solok yang masuk dalam kategori rendah atau aman dari ancaman bencana gempa maupun longsor.

4.7 Validasi Hasil Analisis

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis kerawanan dengan data kejadian bencana historis BPBD Kabupaten Solok periode 2018-2023.

Menampilkan peta zonasi kerawanan gempa, longsor, dan multi-hazard secara terpisah maupun bersamaan dengan kemampuan:

- Toggle layer on/off
- Zoom in/out dan pan
- Identifikasi kecamatan dengan klik pada peta
- Pencarian lokasi berdasarkan nama nagari/kecamatan

2. Dashboard Analitik

Menampilkan statistik kerawanan dalam bentuk:

- Grafik radar (spider chart) perbandingan kerawanan antar kecamatan
- Pie chart distribusi kategori kerawanan
- Bar chart perbandingan indeks kerawanan gempa vs longsor
- Tabel ranking kecamatan berdasarkan tingkat kerawanan

3. Fitur Early Warning

- Integrasi dengan BMKG Open Data API untuk data curah hujan real-time
- Notifikasi otomatis jika curah hujan melebihi ambang batas kritis di wilayah sangat rawan longsor
- Feed berita gempa terkini dari BMKG untuk wilayah Sumatera Barat

4. Modul AHP Online

- Pengguna (admin/pakar) dapat melakukan pembobotan ulang kriteria secara online

- Sistem otomatis menghitung ulang indeks kerawanan dan memperbarui peta

5. Laporan dan Ekspor Data

- Generate laporan PDF zonasi kerawanan per kecamatan
- Ekspor data dalam format Excel dan Shapefile
- Cetak peta dalam resolusi tinggi

6. Manajemen Bencana

- Pencatatan dan pelaporan kejadian bencana
- Tracking status penanganan bencana
- Dokumentasi foto kejadian bencana dengan geotag

4.8.2 Hasil Pengujian Black Box Testing

Tabel 29. Hasil Black Box Testing Sistem WebGIS

No	Modul	Test Case	Berhasil	Gagal	(%)
1	Autentikasi & Manajemen User	5	5	0	100%
2	Peta Interaktif Multi-Layer	10	10	0	100%
3	Perhitungan AHP Online	8	8	0	100%
4	Weighted Overlay & Update Peta	6	5	1	83,3%
5	Query Spasial & Identifikasi	5	5	0	100%
6	Early Warning & Notifikasi	4	3	1	75,0%
7	Laporan PDF & Ekspor Data	4	4	0	100%
8	Manajemen Data Bencana	6	6	0	100%
	Total	48	46	2	95,8%

4.8.3 Hasil User Acceptance Test (UAT)

UAT dilakukan dengan melibatkan 25 responden dari berbagai instansi terkait.

Tabel 30. Profil Responden UAT

Instansi	Jumlah
BPBD Kabupaten Solok	8
Dinas PUPR Kabupaten Solok	4
Bappeda Kabupaten Solok	3
Camat dan Aparat Kecamatan	7
Akademisi/Peneliti	3
Total	25

Tabel 31. Hasil User Acceptance Test (UAT)

No	Aspek Penilaian	Rata-rata	Persentase
1	Kemudahan penggunaan sistem	4,28	85,6%
2	Kecepatan loading peta	4,12	82,4%
3	Kejelasan visualisasi peta kerawanan	4,56	91,2%
4	Kelengkapan informasi yang ditampilkan	4,44	88,8%
5	Akurasi hasil analisis	4,36	87,2%
6	Manfaat sistem bagi mitigasi bencana	4,72	94,4%
7	Kenyamanan antarmuka (UI/UX)	4,32	86,4%
8	Fitur early warning	4,48	89,6%
9	Kemudahan ekspor laporan	4,24	84,8%
10	Keinginan menggunakan secara rutin	4,52	90,4%
	Rata-rata Keseluruhan	4,40	88,1%

Hasil UAT menunjukkan tingkat penerimaan pengguna sebesar **88,1%** dengan skor tertinggi pada aspek manfaat sistem bagi mitigasi bencana (94,4%) dan kejelasan visualisasi peta (91,2%). Hal ini mengindikasikan bahwa sistem sangat dirasakan manfaatnya oleh para pemangku kepentingan di Kabupaten Solok.

4.9 Pembahasan

4.9.1 Kerawanan Gempa Bumi

Dominasi **Jarak dari Sesar Aktif (G1)** sebagai faktor paling berpengaruh (41,62%) dalam penentuan kerawanan gempa di Kabupaten Solok sangat dapat dipahami mengingat Sesar Sumatera merupakan salah satu sesar paling aktif di dunia dengan laju pergeseran yang sangat tinggi. Kecamatan X Koto Singkarak yang berada tepat di tepi Segmen Sumani mendapatkan indeks

kerawanan tertinggi (4,67), yang selaras dengan rekaman historis bahwa daerah ini sering terdampak gempa bumi merusak.

Faktor **Amplifikasi Tanah (G3)** yang menduduki peringkat kedua (26,18%) juga sangat relevan. Wilayah Kecamatan Kubung yang merupakan ibukota kabupaten (Koto Baru) berada di atas endapan aluvial dengan nilai amplifikasi tinggi, yang menjelaskan mengapa kerusakan bangunan akibat gempa di daerah ini cenderung lebih parah dibandingkan wilayah yang memiliki batuan keras.

4.9.2 Kerawanan Longsor

Kemiringan Lereng (L1) mendominasi bobot kerawanan longsor (39,80%), yang sangat logis mengingat bahwa kemiringan lereng merupakan faktor geomorfologis utama yang menentukan stabilitas lereng. Kecamatan Tigo Lurah yang mendapatkan indeks kerawanan longsor tertinggi (4,72) memiliki karakteristik wilayah pegunungan terpencil dengan kemiringan lereng dominan di atas 45° dan curah hujan yang ekstrem.

Fenomena menarik yang teridentifikasi adalah adanya **hubungan sinergis antara gempa bumi dan longsor**. Wilayah yang tinggi kerawanan gempanya (seperti Kecamatan Gunung Talang dan Lembang Jaya) juga memiliki tingkat kerawanan longsor yang cukup tinggi. Hal ini karena getaran gempa dapat memicu ketidakstabilan lereng terutama pada wilayah dengan tanah pelapukan yang tebal dan curah hujan tinggi, suatu fenomena yang dalam geologi dikenal sebagai earthquake-triggered landslide.

4.9.3 Implikasi Kebijakan

Temuan penelitian ini memiliki beberapa implikasi kebijakan penting bagi Pemerintah Kabupaten Solok:

Pertama, 5 kecamatan berstatus KRITIS (X Koto Singkarak, Junjung Sirih, Gunung Talang, Lembang Jaya, dan Payung Sekaki) perlu mendapatkan prioritas utama dalam alokasi anggaran mitigasi bencana, pembangunan fasilitas evakuasi, dan program sosialisasi kesiapsiagaan masyarakat.

Kedua, pembangunan infrastruktur baru (permukiman, sekolah, puskesmas) di zona KRITIS harus mengacu pada standar bangunan tahan gempa SNI 1726:2019 secara ketat dan tidak boleh dibangun di lereng dengan kemiringan di atas 25%.

Ketiga, program reboisasi dan pemulihan hutan di Kecamatan Tigo Lurah, Hiliran Gumanti, dan Lembah Gumanti perlu diprioritaskan sebagai upaya jangka panjang untuk mengurangi risiko longsor.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Pendukung Keputusan berbasis WebGIS untuk penentuan daerah rawan bencana gempa bumi dan longsor di Kabupaten Solok telah berhasil dirancang dan dibangun dengan mengintegrasikan metode AHP untuk pembobotan kriteria dan SIG untuk analisis serta visualisasi spasial multi-hazard.
2. Hasil pembobotan AHP untuk kerawanan **gempa bumi** menunjukkan bahwa Jarak dari Sesar Aktif (41,62%) merupakan faktor paling dominan, diikuti Amplifikasi Tanah (26,18%) dan Jenis Batuan (16,10%), dengan nilai CR = 0,0277 yang menyatakan penilaian konsisten.
3. Hasil pembobotan AHP untuk kerawanan **longsor** menunjukkan bahwa Kemiringan Lereng (39,80%) merupakan faktor paling dominan, diikuti Curah Hujan (24,17%) dan Jenis Tanah (15,96%), dengan nilai CR = 0,0207 yang menyatakan penilaian konsisten.

4. Terdapat **6 kecamatan kategori Sangat Rawan Gempa** (X Koto Singkarak, Junjung Sirih, Bukit Sundi, Kubung, Gunung Talang, Lembang Jaya) dan **5 kecamatan kategori Sangat Rawan Longsor** (Tigo Lurah, Hiliran Gumanti, Lembah Gumanti, Sangir Balai Janggo, Payung Sekaki). Dalam analisis multi-hazard, **5 kecamatan berstatus KRITIS**.
5. Validasi menggunakan data historis BPBD Kabupaten Solok periode 2018-2023 menghasilkan akurasi **91,7% untuk gempa** dan **86,7% untuk longsor**, dengan rata-rata akurasi keseluruhan sebesar **89,2%**.
6. Hasil Black Box Testing menunjukkan tingkat keberhasilan **95,8%** dan UAT menunjukkan tingkat penerimaan pengguna sebesar **88,1%**, membuktikan bahwa sistem fungsional dan diterima baik oleh pemangku kepentingan.

Saran untuk Penelitian Selanjutnya:

1. Menambahkan analisis bencana gunung berapi (Gunung Talang) sebagai layer multi-hazard ketiga
2. Mengintegrasikan data sensor seismik real-time dari BMKG untuk pembaruan peta kerawanan dinamis
3. Mengembangkan fitur simulasi evakuasi berbasis SIG untuk perencanaan jalur evakuasi optimal
4. Memperluas cakupan ke Kota Solok dan kabupaten/kota lain di Sumatera Barat

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada BPBD Kabupaten Solok, PVMBG, BMKG Stasiun Geofisika Padang Panjang, Bappeda Kabupaten Solok, Dinas PUPR Kabupaten Solok, serta seluruh responden pakar dan penguji UAT yang telah memberikan kontribusi besar dalam terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Badan, *Indeks Risiko Bencana Indonesia Tahun 2022*, Jakarta: BNPB, 2023.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), *Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) 2018-2023*, Jakarta: BNPB, 2023. [Online]. Available: <https://dibi.bnpb.go.id>
- [3] D. H. Natawidjaja, "Updating active fault maps and slip rates along the Sumatran Fault, Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 118, p. 012001, 2018.
- [4] BMKG, *Laporan Gempa Bumi Signifikan Sumatera Barat 2009-2023*, Padang: BMKG Stasiun Geofisika Padang Panjang, 2023.
- [5] D. H. Natawidjaja and W. Triyoso, "The Sumatran fault zone: From source to hazard," *Journal of Earthquake and Tsunami*, vol. 1, no. 1, pp. 21-47, 2007.
- [6] Badan Pusat Statistik Kabupaten Solok, *Kabupaten Solok dalam Angka 2023*, Solok: BPS Kabupaten Solok, 2023.
- [7] BMKG Stasiun Klimatologi Padang Panjang, *Data Curah Hujan Wilayah Kabupaten Solok 2018-2023*, Padang Panjang: BMKG, 2023.
- [8] Dinas PUPR Kabupaten Solok, *Laporan Kondisi Bangunan dan Infrastruktur Kabupaten Solok 2023*, Solok: PUPR, 2023.

- [9] BPBD Kabupaten Solok, *Laporan Kejadian Bencana Kabupaten Solok 2018-2023*, Solok: BPBD, 2023.
- [10] M. F. Goodchild, "GIS and disaster management," *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 96, no. 3, pp. 763-772, 2006.
- [11] J. R. Eastman, *IDRISI Selva Manual*, Worcester, MA: Clark Labs, 2012.
- [12] G. Marakas, *Decision Support Systems in the 21st Century*, 2nd ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- [13] R. H. Sprague and E. D. Carlson, *Building Effective Decision Support Systems*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1982.
- [14] A. Zenger and D. I. Smith, "Impediments to using GIS for real-time disaster decision support," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 27, no. 2, pp. 123-141, 2003.
- [15] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, New York: McGraw-Hill, 1980.
- [16] W. Ho, "Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 186, no. 1, pp. 211-228, 2008.
- [17] K. C. Clarke, *Getting Started with Geographic Information Systems*, 5th ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2011.
- [18] Badan Geologi, *Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera, Skala 1:250.000*, Bandung: Pusat Survei Geologi, 2022.
- [19] Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), *Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Provinsi Sumatera Barat*, Bandung: PVMBG, 2023.
- [20] D. K. Permatasari, A. Fauzi, dan R. Hendri, "Analisis Kerawanan Longsor Menggunakan AHP-GIS di Kabupaten Solok Selatan," *Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, pp. 78-92, 2021.
- [21] M. Hidayat, S. Putri, dan W. Nugroho, "SPK Mitigasi Bencana Gempa Berbasis SIG di Kota Padang," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 18, no. 1, pp. 34-48, 2022.
- [22] F. Rahmat, D. Syaputra, dan A. Kurnia, "Pemetaan Multi-Hazard Menggunakan GIS di Provinsi Sumatera Barat," *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, vol. 19, no. 2, pp. 55-70, 2022.
- [23] A. Yusuf dan R. Fajri, "Sistem Informasi Kebencanaan Berbasis Web-GIS untuk Kabupaten Agam," *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, vol. 16, no. 1, pp. 12-25, 2023.
- [24] B. Kurniawan, T. Hakim, dan S. Dewi, "Integrasi AHP-GIS untuk Zonasi Risiko Bencana di Kabupaten Pasaman," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 145-158, 2023.