

Pengembangan Sistem Informasi Geografis Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Berbasis *Website* Menggunakan Metode *Analitycal Hierarchy Process* (Studi Kasus: Kabupaten Ponorogo)

Nandya Aura Febyanissa Yudiasmara¹, Salamun Rohman Nudin²

Manajemen Informatika, Universitas Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia

1nandya.19060@mhs.unesa.ac.id

2salamunrohman@unesa.ac.id

Abstrak— Tanah longsor terjadi ketika air merembes ke dalam tanah dan menyebabkan penambahan berat. Jika air mencapai lapisan tanah yang tidak mampu menyerapnya, tanah menjadi licin dan meluncur menuruni bukit. Tanah longsor memberikan dampak yang sangat buruk bagi masyarakat, menyebabkan kerugian yang sangat besar seperti kehilangan tempat tinggal bahkan kematian. Hal ini disebabkan karena kurangnya kesadaran masyarakat akan kemungkinan terjadinya tanah longsor di sekitar mereka.

Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) diyakini dapat mempermudah dalam memberikan informasi spasial terkait tingkat bahaya longsor dan mengevaluasi serta mendapatkan informasi baru dalam mengidentifikasi lokasi-lokasi yang rentan terhadap bencana longsor. Pengembangan aplikasi SIG ini memiliki manfaat untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pembelajaran mengenai daerah rawan longsor, termasuk kejadian dan dampak yang terjadi setiap tahunnya. Jika sebelumnya masyarakat harus mendatangi kantor BPBD untuk mendapatkan informasi tersebut, kini dengan adanya aplikasi ini, pengguna dapat memperoleh informasi lokasi rawan longsor secara online.

Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk merancang aplikasi ini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perancangan aplikasi SIG dapat membantu memecahkan masalah yang disebabkan oleh kurangnya informasi yang tersedia untuk masyarakat, serta meningkatkan efisiensi dalam menyajikan informasi daerah rawan longsor kepada pemerintah.

Kata kunci— Tanah Longsor, BPBD, SIG, AHP

I. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya alam dan potensi bencana adalah dua kekuatan dan kelemahan terbesar Indonesia. Unsur-unsur geologi yang terkait dengan kondisi tektonik dan iklim tropis mempengaruhi kecenderungan bencana di Indonesia. Iklim tropis ditandai oleh perubahan cuaca ekstrim, termasuk suhu, curah hujan, dan arah angin. Selain itu, kerusakan lingkungan akibat perubahan penggunaan lahan juga meningkatkan kerentanan terhadap bencana seperti banjir dan tanah longsor [1].

Setiap tahun, semakin banyak orang yang tewas akibat tanah longsor di daerah pegunungan Indonesia selama musim hujan. Indonesia memiliki risiko tanah longsor yang signifikan karena fitur geologisnya, yang meliputi struktur morfologi yang tinggi, keberadaan patahan dan batuan vulkanik yang mudah rapuh, dan pengaruh lingkungan tropis yang basah. Peningkatan jumlah tanah longsor juga dikaitkan dengan perubahan penggunaan lahan yang terjadi akhir-akhir ini. Korban jiwa dan kerusakan properti akibat tanah longsor biasanya merupakan konsekuensi dari interaksi yang kompleks antara penyebab alami dan antropogenik [2].

Salah satu wilayah yang sering mengalami bencana tersebut adalah Kabupaten Ponorogo. Area ini sangat rentan terhadap efek elemen-elemen tersebut karena lokasinya yang berada di dataran tinggi dan dekat dengan pegunungan dan perbukitan di sekitarnya.

Seperti yang terjadi pada tanggal 1 April 2017, ketika desa Banaran di dusun Tangkil, kabupaten Ponorogo, provinsi Jawa Timur, tertimbun tanah longsor. Kebun tersebut merupakan lokasi acara masyarakat pada saat kejadian. Enam orang tewas, dua puluh dua orang masih hilang setelah tertimbun tanah longsor, dan tujuh belas orang luka-luka, menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Ponorogo (2017). Peta Zona Gerakan Tanah yang diterbitkan oleh Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menunjukkan bahwa wilayah yang menjadi lokasi tanah longsor di Desa Banaran termasuk dalam zona kerentanan tinggi [3].

Setiap indikator risiko harus dievaluasi dan diberi bobot yang sesuai di daerah rawan longsor. Proses Hirarki Analitik (Analytical Hierarchy Process/AHP) adalah sebuah kerangka kerja untuk membuat pilihan ketika ada beberapa kriteria atau aspek yang perlu dipertimbangkan dalam sebuah keputusan.

Dengan memanfaatkan sistem informasi geografis secara efisien, lokasi-lokasi berisiko tinggi di Kabupaten Ponorogo

dapat ditentukan dengan tepat dengan bantuan alat ini, sehingga proses penentuan zona rawan longsor menjadi lebih efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona bebas longsor di Kabupaten Ponorogo. Hal ini disebabkan oleh kurangnya inisiatif untuk memetakan daerah rawan longsor dengan menggunakan parameter dan teknik SIG yang sesuai. Pemetaan daerah yang paling rawan di Kabupaten Ponorogo perlu dilakukan untuk mengurangi jumlah korban jiwa dan kerugian harta benda akibat tanah longsor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Longsor

Pasal 1 ayat 1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No. 22/PRT/M/2007 mendefinisikan tanah longsor sebagai gerakan massa tanah atau batuan dari kedudukan semula dengan kemiringan tertentu yang mengakibatkan terlepasnya massa tanah atau batuan tersebut dari bidang gelincir karena pengaruh gravitasi. Tanah longsor dapat berupa pergeseran atau perputaran, blok-blok dapat bergerak, batu-batu dapat berjatuhan, tanah dapat merayap, dan puing-puing dapat mengalir. Dua jenis tanah longsor yang paling sering terjadi di Indonesia adalah jenis translasi dan rotasi [4].

B. Digital Elevation Model (DEM)

Data digital yang merepresentasikan geometri permukaan bumi (atau suatu wilayah) disebut DEM (Digital Elevation Model). Data ini terdiri dari himpunan koordinat titik-titik yang merepresentasikan nilai ketinggian permukaan, diperoleh melalui proses sampling dengan algoritma tertentu yang membentuk bentuk permukaan berdasarkan koordinat yang diukur. Model elevasi digital (DEM) terutama berkaitan dengan menampilkan data elevasi yang dikumpulkan pada interval horizontal secara teratur pada titik-titik tanah. DEM dapat dibuat dengan menggunakan data yang dikumpulkan dengan teknik fotogrametri atau garis kontur. Tergantung pada sumber datanya, DEM dapat memiliki berbagai macam geometri, teknik proyeksi, dan pola nilai ketinggian yang berbeda. DEM menggunakan beberapa sistem proyeksi yang berbeda, termasuk sistem proyeksi geografis, untuk menampilkan datanya [5].

C. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

Space Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) pertama kali diluncurkan pada bulan Februari 2000 sebagai satelit radar interferometri (InSAR), seperti yang dinyatakan oleh Van Zyl (2001), seperti yang dirujuk oleh C. Huggel (2008). Data topografi beresolusi tinggi yang paling komprehensif dari permukaan bumi dimungkinkan oleh data elevasi hampir global SRTM. Selama perjalanan 11 hari pada bulan Februari 2000, pesawat ulang-alik Endeavour membawa sistem radar yang telah dimodifikasi yang digunakan untuk misi SRTM. Jet Propulsion Laboratory (JPL) di Pasadena, California mengubah data radar mentah menjadi model elevasi digital untuk SRTM. Sampel lintang dan bujur dalam file data SRTM asli "diposkan" setiap detik, dengan jarak 1 detik (sekitar 30 meter di khatulistiwa). Badan Intelijen Geospasial Nasional (National

Geospatial-Intelligence Agency, NGA, sebelumnya bernama National Imagery and Mapping Agency) menyempurnakan kumpulan data yang telah dikumpulkan [6].

D. Website

Situs web adalah halaman informasi online yang dapat diakses dari komputer mana pun, di mana pun di seluruh dunia, asalkan komputer tersebut memiliki akses ke World Wide Web. Teks, gambar, musik, dan gambar bergerak, semuanya bersatu padu untuk membuat situs web ini menjadi sumber pengetahuan yang menarik. Beberapa website mungkin mengharuskan pengguna untuk berlangganan atau melakukan subskripsi agar dapat mengakses sebagian atau seluruh konten yang disediakan. Contohnya, ada situs bisnis dan situs email gratisan yang membutuhkan langganan untuk dapat mengakses isi situs tersebut [7].

E. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah program yang membantu semua langkah yang berhubungan dengan informasi geografis [8].

F. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Banyak orang menggunakan Proses Hirarki Analitik (Analytical Hierarchy Process (AHP) ketika mencoba mencari cara untuk menentukan peringkat pilihan mereka. Yang umum digunakan dalam daftar tersebut adalah skala pengukuran nominal, ordinal, interval, dan rasio. Skala yang lebih tinggi dari yang diklasifikasikan dapat diklasifikasikan ke dalam skala yang lebih rendah dari yang diklasifikasikan. Tiga langkah utama dalam menggunakan pendekatan AHP adalah dekomposisi (atau konstruksi) hirarki, penilaian komparatif (atau mengumpulkan data perbandingan berpasangan pada elemen-elemen struktur hirarki), dan sintesis (atau konstruksi peringkat prioritas secara keseluruhan) [9].

III. METODE PENELITIAN

A. Identifikasi Masalah

Setelah menentukan topik penelitian, langkah awal yang harus diambil oleh peneliti adalah mengidentifikasi permasalahan yang akan diteliti. Pengenalan ini sangat penting untuk mendefinisikan ruang lingkup masalah dan menjaga agar penelitian tetap berada di jalur yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Para peneliti melakukan hal ini dengan menganalisis lokasi-lokasi rawan bencana menggunakan data dari penelitian lain. Tujuannya adalah agar sistem informasi geografis berbasis website yang akan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan yang sebenarnya.

B. Studi Literatur

Studi literatur memiliki nilai penting sebagai sumber pembelajaran teori bagi peneliti yang sedang melakukan penelitian. Melalui studi literatur, peneliti dapat memperoleh dasar yang kuat untuk melakukan pengujian dan analisis. Proses Hirarki Analitik digunakan untuk membuat peta daerah rawan longsor, dan para peneliti berkonsultasi dengan buku, jurnal, tesis, dan artikel tentang topik tersebut. Diharapkan

bahwa studi literatur ini akan membantu peneliti dalam memahami analisis, teknik, dan strategi yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian mereka.

C. Pengumpulan Data

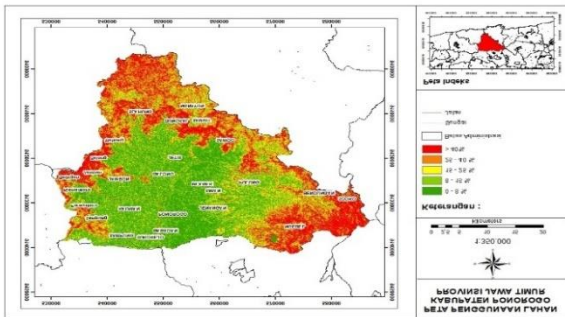
Data inti dari penelitian ini berasal dari survei yang dikirimkan kepada para partisipan, sedangkan data sekunder berasal dari tinjauan literatur dan sumber-sumber lain yang memiliki reputasi baik seperti institusi pemerintah.

Data yang dibutuhkan	Jenis Data	Sumber	Teknik Pengumpulan Data
Kelerengan	Sekunder	Interpretasi data DEM	Survey Intansi
Curah Hujan	Sekunder	Peta Curah Hujan	Survey Intansi
Jenis Tanah	Sekunder	Peta Jenis Tanah	Survey Intansi
Penggunaan Lahan	Sekunder	Peta Guna Lahan	Survey Intansi
Pemetaan Daerah	Sekunder	Kajian Kebencanaan, Peta Daerah Rawan Bencana	Survey Intansi
Data Prediksi Bencana	Sekunder	Kajian Kebencanaan	Survey Intansi

D. Faktor- Faktor Longsor

1. Kelerengan

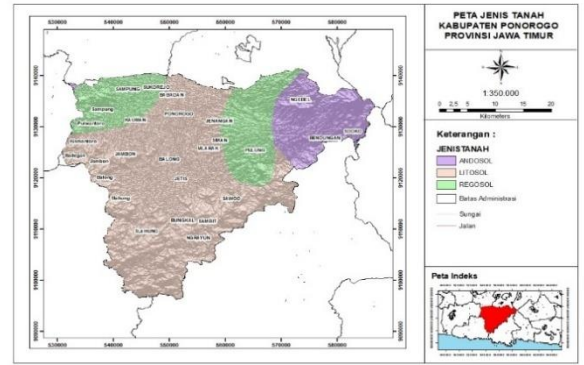
Kabupaten Ponorogo memiliki beragam kategori kemiringan lahan. Lahan datar memiliki kemiringan 0-8% dan mencakup wilayah seluas 351,65 km². Wilayah dengan kemiringan lahan antara 8-15% diklasifikasikan sebagai lahan landai, dengan luas wilayah mencapai 297,97 km². Sementara itu, lahan agak curam memiliki kemiringan 15-25% dan mencakup wilayah seluas 200,68 km². Kemudian, lahan curam dengan kemiringan 25-45% mencakup wilayah seluas 206,49 km². Terakhir, lahan sangat curam dengan kemiringan di atas 40% mencakup wilayah seluas 314,86 km².



Gambar. 1 Peta Kelerengan

2. Jenis Tanah

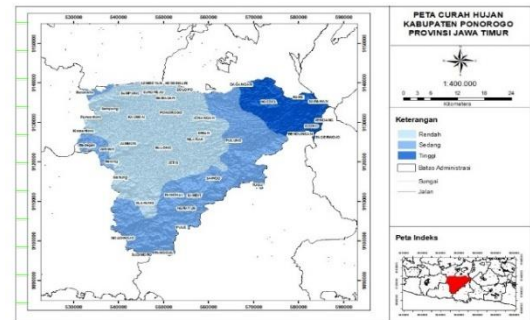
Kabupaten Ponorogo memiliki tiga jenis tanah yang berbeda. Luas wilayah andosol mencapai 207 km², litosol memiliki luas wilayah sebesar 848,41 km², dan regosol memiliki luas wilayah sebesar 315,70 km².



Gambar. 2 Peta Jenis Tanah

3. Curah Hujan

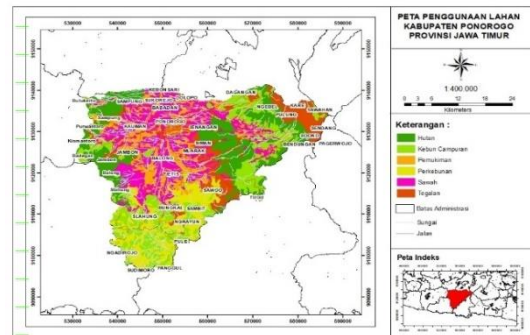
Curah hujan di Kabupaten Ponorogo dibedakan atas curah hujan rendah, sedang dan tinggi.



Gambar. 1 Peta Curah Hujan

4. Penggunaan Lahan

Luasan penggunaan lahan terbesar di Kabupaten Ponorogo adalah sawah, mencakup 314,59 km² dari total luas wilayah penelitian. Sementara itu, kebun campuran memiliki luas terkecil dengan 170,77 km² dari total luas wilayah penelitian.



Gambar. 4 Peta Penggunaan Lahan

E. Analisis Metode Analytical Hierarchy Process

Jika dibandingkan dengan pendekatan lain dalam mengambil keputusan, AHP memiliki keunikan tersendiri karena tidak menuntut koherensi logis. Karena manusia memiliki keterbatasan dalam mengekspresikan persepsinya secara konsisten, terutama ketika membandingkan banyak kriteria, menggunakan persepsi mereka sebagai input dalam AHP dapat menyebabkan ketidakkonsistenan. Para pengambil

keputusan dapat mengekspresikan pandangan mereka tanpa perlu khawatir apakah pandangan mereka akan tetap konsisten atau tidak. Dengan menggunakan rumus tertentu, kita dapat menentukan apakah matriks konsisten atau tidak dalam AHP dengan melihat nilai eigen terbesarnya:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n(n-1)}$$

Keterangan:

CI = Rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (consistency indeks)

λ_{max} = Nilai eigen terbesar dari matriks berordo n

n = Orde Matriks

Matriks perbandingan berpasangan dianggap konsisten jika dan hanya jika nilai CI adalah nol. Ketidakkonsistenan dibatasi oleh Rasio Konsistensi (CR) Thomas L. Saaty, yaitu indeks konsistensi dibagi dengan indeks acak. Berikut ini adalah rincian rumus untuk Rasio Konsistensi:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan:

CR = Rasio Konsistensi

RI = Indeks Random

Nilai random indeks bisa didapatkan dari Tabel 1 dibawah ini.

TABEL I
NILAI RANDOM INDEKS

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.48

Ketidakkonsistenan sudut pandang pengambil keputusan masih dapat ditoleransi jika nilai Rasio Konsistensi (CR) dari matriks perbandingan berpasangan kurang dari 0,1 (0,1). Namun, jika nilai CR lebih besar dari 0,1, evaluasi harus diulang untuk memberikan keandalan yang lebih besar.

F. Metode Pemetaan Daerah Rawan Longsor

Pendekatan AHP digunakan untuk memetakan daerah rawan longsor, karena pendekatan ini merupakan teknik pengambilan keputusan yang berusaha memilih pilihan terbaik dari sekumpulan solusi potensial. Prinsip-prinsip dekomposisi, penilaian komparatif, dan konsistensi menjadi tulang punggung pendekatan AHP.

Langkah pertama dari strategi ini disebut "Dekomposisi," dan ini memerlukan penguraian masalah menjadi submasalah yang lebih mudah dikelola. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memetakan zona-zona yang berpotensi longsor dengan menggunakan kriteria yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Kriteria	Curah Hujan	Jenis Tanah	Penggunaan Lahan	Kelereng		Nilai Eigen			Jumlah Nilai Eigen	Rata-Rata
Curah Hujan	1	3	5	7	0,59	0,66	0,53	0,43	2,23	0,55
Jenis Tanah	0,33	1	3	5	0,19	0,22	0,32	0,32	1,05	0,26
Penggunaan Lahan	0,20	0,33	1	3	0,11	0,07	0,10	0,18	0,4	0,12
Kemiringan Lereng	0,14	0,20	0,33	1	0,08	0,04	0,03	0,06	0,22	0,05
Jumlah	1,67	4,53	9,33	16	1	1	1	1	4	1

Gambar. 5 Analisa AHP Decomposition

Tahap kedua dalam metode AHP adalah comparative judgments, di mana dilakukan perhitungan matriks perbandingan. Langkah selanjutnya, yang digambarkan pada Gambar 6, adalah menentukan vektor eigen, yang merupakan rata-rata dari semua matriks perbandingan.

Kriteria	Curah Hujan	Jenis Tanah	Penggunaan Lahan	Kelereng	Jumlah	Rata-Rata	Hasil
Curah Hujan	0,55	0,79	0,60	0,39	2,35	0,55	2,91
Jenis Tanah	0,18	0,26	0,36	0,28	1,09	0,26	1,36
Penggunaan Lahan	0,11	0,08	0,12	0,17	0,49	0,12	0,61
Kemiringan Lereng	0,07	0,05	0,04	0,05	0,22	0,05	0,28
							5,17

Gambar. 6 Analisa AHP Comparative Judgements

Kemudian, langkah terakhir adalah melakukan uji kebenaran eigen vector untuk mendapatkan nilai rasio konsistensi. Tujuan dari uji konsistensi ini adalah untuk menentukan apakah perbandingan berpasangan metode AHP dapat diandalkan.

- Perhitungan Consistency Index (CI)

$$CI = \frac{5,17 - 4}{4 - 1} = -0,90$$

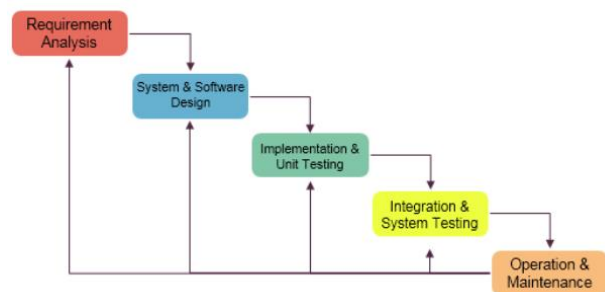
- Perhitungan Consistency Ratio (CR)

$$CR = \frac{0,90}{0,90} = -1,00$$

Berdasarkan hasil, diketahui bahwa nilai CR < 0,1, maka derajat konsistensi dapat diterima.

G. Pengembangan Sistem

Sistem informasi geografis ini dibangun dengan menggunakan metodologi waterfall. Model air terjun adalah contoh terkenal dari metodologi pengembangan perangkat lunak yang menekankan pada keteraturan dan pengorganisasian. Gambar 7 menggambarkan beberapa fase pengembangan yang membentuk pendekatan waterfall. Fase-fase ini meliputi analisis, desain, pengujian, implementasi, dan pemeliharaan.



Gambar. 7 Metode Waterfall

Metode waterfall menggunakan pendekatan sistematis dalam perancangan sistem. Tahap-tahap dalam metode ini mencakup:

1. Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis): Pada fase ini, desainer mengumpulkan dan menganalisis data tentang pengguna perangkat lunak yang dituju dan kebutuhan mereka. Data ini dapat dikumpulkan dengan menggunakan beberapa metode yang berbeda, termasuk wawancara, percakapan, dan survei lapangan.
2. Perancangan Sistem dan Perangkat Lunak (System & Software Design): Pada langkah ini dalam proses, kami berharap untuk memiliki gambaran yang jelas tentang arsitektur perangkat lunak. Proses ini meliputi pembuatan basis data sistem di samping antarmuka, kerangka kerja, dan diagram sistem.
3. Implementasi dan Pengujian Modul (Implementation & Unit Testing): Modul harus diprogram dan diuji pada titik ini. Sistem dipecah menjadi beberapa bagian yang disebut "modul", yang pada akhirnya akan disatukan. Selain itu, komponen-komponen perangkat lunak diuji secara fungsional untuk memastikan bahwa komponen-komponen tersebut memenuhi standar yang diperlukan.
5. Penggabungan dan Pengujian Sistem (Integration & System Testing): Pada titik ini, semua bagian atau modul terpisah yang telah dikembangkan dan diuji akan disatukan. Setelah semua kode digabungkan, kode tersebut harus diuji untuk menemukan kekurangan yang mungkin muncul selama proses penggabungan.
6. Operasi dan Pemeliharaan (Operation & Maintenance): Tahapan terakhir melibatkan pengoperasian sistem dan pemeliharaan. Pemeliharaan sistem dilakukan secara bertahap untuk perbaikan kesalahan, peningkatan, dan penyesuaian sistem sesuai kebutuhan pengguna.

2. Kurangnya visualisasi yang menarik pada hasil pengambilan data yang dipublikasikan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD).
3. Terbatasnya informasi yang tersedia pada website Pemerintah Kabupaten Ponorogo yang belum mencakup hasil sensus secara menyeluruh.
4. Kurangnya penyampaian informasi kepada masyarakat menyebabkan minimnya kesadaran terkait bencana tanah longsor di kabupaten Ponorogo dan menghambat upaya mitigasi bencana dengan maksimal.

b. Analisa Kebutuhan

Analisis kebutuhan pengguna dilakukan untuk mempelajari siapa yang menggunakan sistem dan tugas apa yang mereka lakukan. Berikut merupakan kebutuhan pengguna yang dibutuhkan pada sistem.

1. Analisa Kebutuhan Fungsional

Analisa kebutuhan fungsional ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

TABEL 2
USER REQUIREMENT

No	Role	Hak Akses
1.	Admin	<ol style="list-style-type: none"> 1. Login 2. Menambahkan Admin Baru 3. Menambahkan, Mengedit, Menghapus, dan Memverifikasi Data
2.	User	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mencari, Melihat Data Pemetaan Daerah Bencana

2. Analisa Kebutuhan Non-Fungsional

Ada dua bagian peralatan yang diperlukan untuk penelitian ini:

a. Hardware:

1. Laptop Acer Predator Helios 300, Intel Core i7-1800 H, Windows 11 64 Bit.

b. Software:

1. ArcGis 10.8
2. Microsoft Office Word 2019
3. Microsoft Excel 2019

2. System & Software Design

Representasi visual dari sistem yang akan dibangun, seperti desain antarmuka pengguna, diagram alir, DFD, dan ERD, dibuat pada tahap prototipe. Alat bantu seperti figma dan draw.io digunakan dalam prosedur ini.

H. Implementasi Sistem

SIG untuk pemetaan daerah rawan bencana di Kupang dikembangkan dengan menggunakan proses waterfall. Analisis dan perumusan kebutuhan, pengembangan sistem dan perangkat lunak, pengujian masing-masing komponen, pengujian keseluruhan sistem, pengoperasian, dan akhirnya pemeliharaan. Prosedur perancangan sistem meliputi langkah-langkah berikut:

1. Requirement Analysis

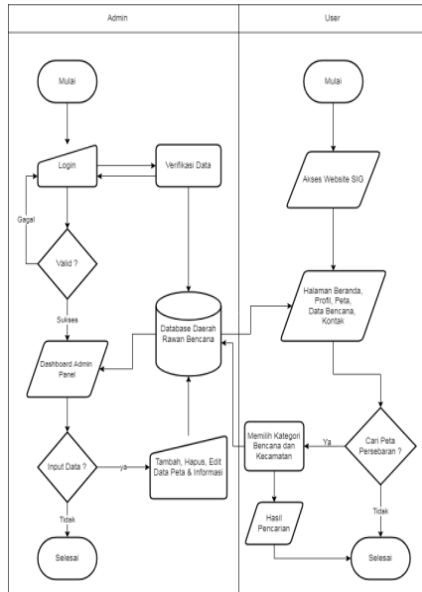
a. Identifikasi masalah

Pada tahap Requirement Analysis, dilakukan pengidentifikasian masalah terkait penyebaran informasi bencana tanah longsor di Kabupaten Ponorogo, yang meliputi:

1. Penggunaan sistem pengumpulan data manual yang menyebabkan proses kurang efisien.

a. Flowchart Sistem

Diagram alir atau diagram alir adalah metode analisis visual yang meringkas dan memperjelas proses-proses yang terjadi di dalam organisasi atau sistem. Alur kerja SIG yang digunakan untuk memetakan wilayah yang berisiko terkena bencana alam digambarkan pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar. 8 Flowchart Sistem

b. ERD Sistem

Entity Relationship Diagram (ERD) dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara berbagai bagian sistem atau bisnis. Analisis sistem biasanya menggunakan ERD selama fase analisis kebutuhan proyek. Lihat Gambar 8 di bawah ini untuk contoh ERD untuk SIG berbasis web yang memetakan area yang berisiko terkena bencana alam di Kabupaten Ponorogo.



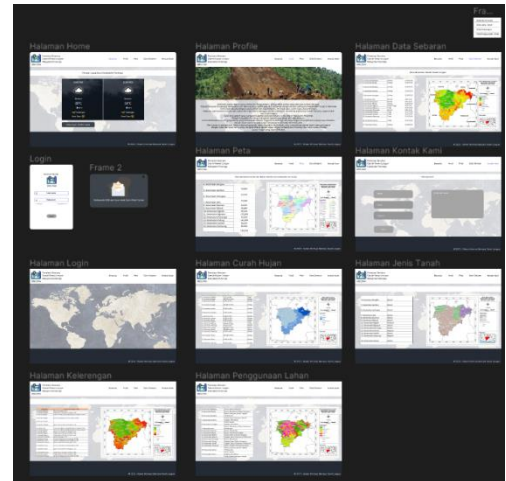
Gambar. 8 ERD Sistem

3. Implementation and Unit Testing

Setelah pembuatan prototipe atau desain untuk sistem informasi geografis, langkah selanjutnya adalah mengaktualisasikan atau mengimplementasikan sistem tersebut. Prosedur ini dimulai dengan mendesain antarmuka sistem.

a. Desain UI/UX

Desain user interface sistem ditunjukkan pada Gambar. 9 dibawah ini.



Gambar. 9 Desain UI/UX

b. Penulisan Program

Rencana dan cetak biru yang sudah ada harus dipatuhi ketika mengembangkan perangkat lunak baru. Pengembangan aplikasi web adalah pusat dari penelitian ini, oleh karena itu kode PHP yang menggunakan kerangka kerja CI dan basis data MySQL direkomendasikan untuk backend aplikasi.

c. Keamanan Sistem Komputer

Sistem informasi geografis telah dirancang dengan memperhatikan beberapa aspek keamanan guna melindungi data dari akses oleh pihak yang tidak berhak. Beberapa aspek keamanan tersebut meliputi:

1. Kerahasiaan (Confidentiality): Perlindungan diterapkan sehingga hanya individu yang berwenang yang dapat mengakses data sensitif.
2. Privasi (Privacy): Fokus pada perlindungan data pribadi agar tetap terjaga.
3. Integritas (Integrity): Memastikan bahwa informasi tidak dapat diubah tanpa izin dari pemilik informasi.
4. Autentikasi (Authentication): Manfaatkan alat dan prosedur untuk menjamin bahwa data tidak dirusak dan berasal dari sumber yang dapat dipercaya.
5. Ketersediaan (Availability): Memastikan data dan informasi tersedia ketika diperlukan.

6. Pengendalian Akses (Access Control): Mengontrol siapa yang dapat melihat apa yang ada di database untuk menghentikan peretas. Menu administrator dalam aplikasi ini hanya dapat diakses setelah pengguna memasukkan ID pengguna dan kata sandi, yang memenuhi beberapa persyaratan keamanan yang disebutkan di atas.

4. *Integration and System Testing*

Setelah menyelesaikan tahap perancangan dan implementasi, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian menyeluruh terhadap sistem. Data distribusi, antarmuka pengguna, dan penyesuaian yang diperlukan pada halaman administrator akan dievaluasi oleh tim pengembangan dan subjek uji selama fase pengujian. Setelah fase pengujian ini selesai, sistem akan disempurnakan dan diperiksa fungsionalitasnya sebelum diimplementasikan sepenuhnya.

5. *Operation and Maintenance*

Setelah sistem, termasuk halaman admin dan halaman pengunjung, telah diuji secara menyeluruh pada tahap sebelumnya, sistem dapat digunakan dan dipelihara secara teratur. Tujuan dari pemeliharaan adalah untuk memperpanjang usia sistem yang dikembangkan dan menjaganya agar tetap berfungsi sebagaimana mestinya.

I. *Pengujian Sistem*

Setelah penyelesaian pembuatan sistem, langkah selanjutnya adalah merencanakan tahap uji coba menggunakan pengujian Black Box dan pengujian Usability Testing kepada pengguna. Tujuan dari tahap pengujian ini adalah untuk memperoleh pemahaman tentang bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem yang telah dibuat. Selama proses pengujian, penulis akan mengumpulkan umpan balik dari pengguna untuk meningkatkan kualitas sistem yang telah dikembangkan.

Dalam pengujian Usability Testing, penulis akan menggunakan metode pengukuran Usability Metrics yang dikenal sebagai "Single Ease Question" dengan skala 1 hingga 5 untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan. Pengguna akan diminta untuk menjawab 6 pertanyaan terkait hal tersebut setelah mereka selesai melakukan tugas uji coba pada prototipe sistem, dan memberikan nilai sesuai dengan pengalaman percobaan mereka.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Implementasi Sistem*

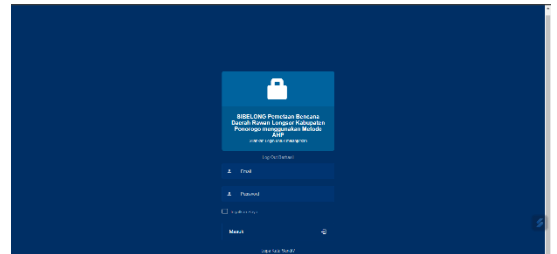
Penelitian ini melibatkan perencanaan dan pembuatan program SIG di Kabupaten Ponorogo khususnya untuk pemetaan zona bencana tanah longsor. Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah pendekatan yang digunakan untuk pembuatan aplikasi ini. Sistem ini terdiri dari administrator dan pengguna. Karena aksesibilitasnya yang universal, aplikasi ini dibangun sebagai aplikasi web.

Menu aplikasi memungkinkan administrator untuk masuk ke dalam sistem dan mengakses pemetaan zona rawan longsor. Setelah desain selesai, langkah selanjutnya adalah mengkodekannya ke dalam bahasa pemrograman PHP dengan menggunakan framework CI (CodeIgniter).

1. Admin

a. Halaman Login

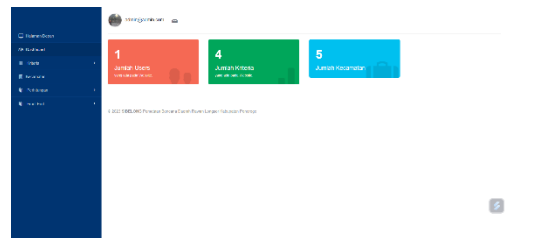
Halaman Log in digunakan sebagai gerbang masuk untuk menuju back end sistem. Tampilan halaman Log in ditunjukkan pada Gambar. 10 dibawah ini.



Gambar. 10 Halaman Login

b. Halaman Dashboard

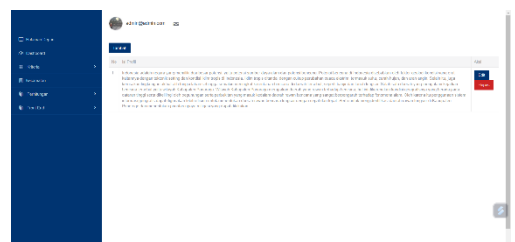
Halaman Dashboard adalah halaman utama back end sistem. Halaman ini berisi statistik dari data yang terdapat pada system. Tampilan Halaman Dashboard disesuaikan dengan hak akses pengguna (Admin). Tampilan Halaman Dashboard jika login sebagai Admin ditunjukkan pada Gambar. 11 dibawah ini.



Gambar. 11 Halaman Dashboard Admin

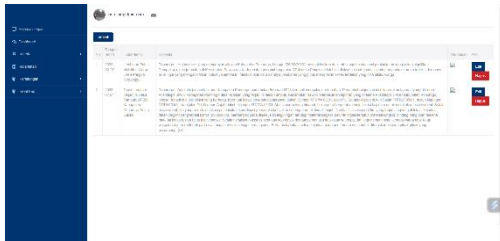
c. Halaman Profil Web

Halaman Profil Web adalah halaman untuk mengubah profil tentang sistem dan pengembang yang merupakan halaman utama pada front end sistem. Halaman Profil web hanya dapat diakses oleh Admin. Tampilan Halaman Profil web ditunjukkan pada Gambar. 12 dibawah ini.



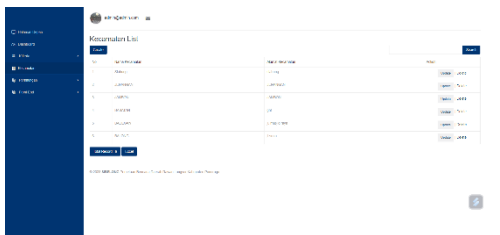
Gambar. 12 Halaman Profile Web

- d. **Halaman Berita**
Halaman berita berisi data berita terbaru kejadian bencana yang telah dimasukkan ke dalam sistem. Pada halaman ini terdapat fungsi menambah, mengubah, menghapus dan mencari. Admin dapat melihat seluruh data berita bencana. Tampilan Halaman kriteria ditunjukkan pada Gambar. 13 dibawah ini.



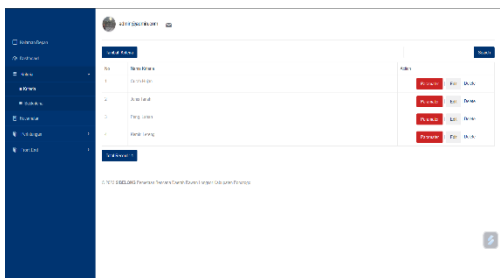
Gambar. 13 Halaman Berita

- e. **Halaman Kecamatan**
Halaman Kecamatan berisi data kecamatan yang ada di Kabupaten Ponorogo yang telah dimasukkan ke dalam sistem. Pada Halaman ini terdapat fungsi menambah, mengubah, menghapus dan mencari. Admin dapat melihat seluruh data. Tampilan Halaman kecamatan ditunjukkan pada Gambar. 14 dibawah ini.



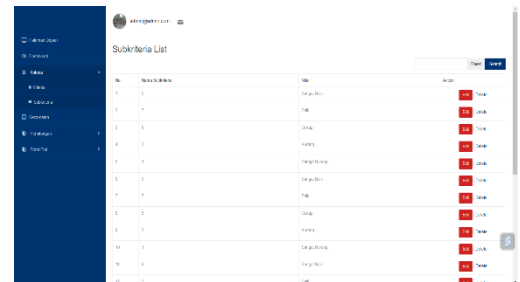
Gambar. 14 Halaman Kecamatan

- f. **Halaman Kriteria**
Halaman Kriteria berisi data kriteria dan sub kriteria yang telah dimasukkan ke dalam sistem. Pada Halaman ini terdapat fungsi menambah, mengubah, menghapus dan mencari. Admin dapat melihat seluruh data kriteria, Tampilan halaman kriteria ditunjukkan pada Gambar. 15 dibawah ini.



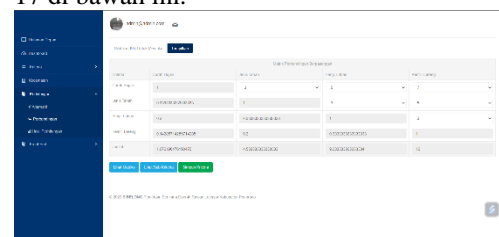
Gambar. 15 Halaman Kriteria

Tampilan halaman sub kriteria ditunjukkan pada Gambar. 16 dibawah ini.



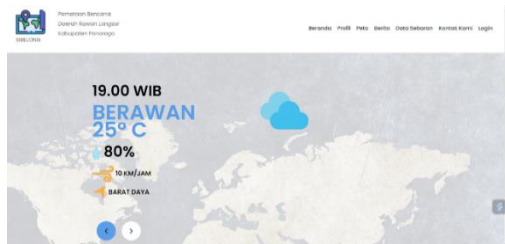
Gambar. 16 Halaman Sub Kriteria

- g. **Halaman Perhitungan**
Halaman perhitungan merupakan halaman khusus yang hanya dapat diakses oleh Admin dan berisi tiga jenis data, yaitu data alternatif, data perbandingan, dan data hasil perhitungan yang telah dimasukkan ke dalam sistem. Pada halaman ini, Admin memiliki fungsi untuk menambahkan, mengubah, menghapus, dan mencari data. Halaman perhitungan ini sangat penting karena digunakan untuk memetakan daerah rawan bencana menggunakan metode AHP. Dari perhitungan ini, akan dihasilkan penilaian apakah pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor sudah sesuai. Perhitungan perbandingan dilakukan secara berkala berdasarkan data kriteria yang telah dimasukkan sebelumnya. Tampilan halaman perhitungan dapat dilihat pada Gambar 17 di bawah ini.

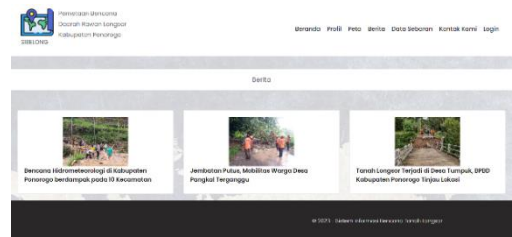


Gambar. 17 Halaman Perhitungan

2. **User**
a. **Halaman Home**
Halaman Home adalah halaman awal ketika mengakses URL sistem. Pada halaman ini berisi informasi cuaca. Tampilan Halaman Home beserta header dan footer front end sistem ditunjukkan pada Gambar. 18 dibawah ini.



Gambar. 18 Halaman Home



Gambar. 21 Halaman Berita

b. Halaman Profile

Halaman profile adalah halaman yang berisi profil web yang merupakan profil dari sistem serta pengembang. Tampilan Halaman Home beserta header dan footer front end sistem ditunjukkan pada Gambar. 19 dibawah ini.



Gambar. 19 Halaman Profile

c. Halaman Peta

Pada halaman peta, terdapat pemetaan daerah Kabupaten Ponorogo yang telah diintegrasikan ke dalam sistem menggunakan Sistem Informasi Geografis. Pengguna atau user dapat dengan mudah melihat peta daerah Kabupaten Ponorogo dan mengetahui luas setiap Kecamatan yang ada di wilayah tersebut. Tampilan Halaman Peta dilengkapi dengan header dan footer pada front end sistem, yang dapat dilihat pada Gambar 20 di bawah ini.



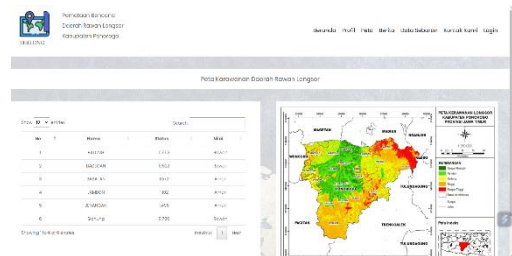
Gambar. 20 Halaman Peta

d. Halaman Berita

Halaman berita berisi berita seputar bencana yang terjadi di Daerah Kabupaten Ponorogo. Pada masing-masing berita menampilkan data dan tanggal posting. Tampilan Halaman berita beserta header dan footer front end sistem ditunjukkan pada Gambar. 21 dibawah ini.

e. Halaman Data Sebaran

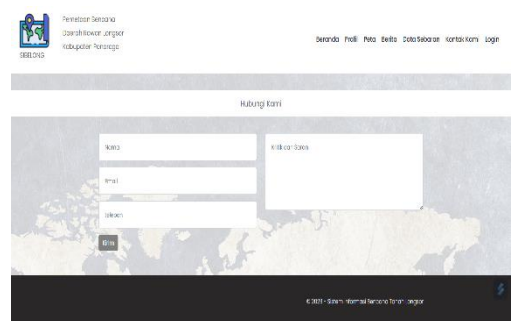
Pada halaman yang dikhususkan untuk statistik distribusi, Anda dapat melihat pemetaan SIG dari daerah rawan longsor yang merupakan bagian dari sistem. Hasil AHP dari halaman kalkulator menjadi dasar pemetaan ini. Daerah rawan longsor dipetakan berdasarkan faktor-faktor seperti curah hujan, kemiringan, jenis tanah, dan penggunaan lahan. Pengguna dapat melihat peta daerah yang berpotensi berbahaya berdasarkan berbagai faktor. Halaman Data Distribusi juga memungkinkan pengguna untuk membandingkan peta-peta yang menunjukkan risiko tanah longsor. Gambar 22 memberikan tampilan mendalam pada Halaman Data Tersebar.



Gambar. 22 Halaman Data Sebaran

f. Halaman Kontak kami

Halaman kontak kami ini berisi form untuk pengguna yang ingin mengirimkan feedback nya terhadap sistem. Tampilan Halaman kontak kami ditunjukkan pada Gambar. 23 dibawah ini.



Gambar. 23 Halaman Kontak Kami

B. Pengujian Sistem

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, dilakukan dua jenis pengujian, yaitu pengujian black box dan pengujian

Usability Testing. Pengujian black box dilakukan dengan melakukan aksi mengklik pada fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internal dari sistem tersebut. Sedangkan pengujian Usability Testing dilakukan dengan menguji sistem pada lingkungan pengguna potensial, khususnya pihak BPBD Kabupaten Ponorogo, untuk mengevaluasi sejauh mana sistem tersebut mudah digunakan dan memenuhi kebutuhan pengguna.

a. Pengujian *Black Box*

Pendekatan pengujian kotak hitam melibatkan eksplorasi dan manipulasi fitur-fitur sistem tanpa mengetahui apa pun tentang arsitekturnya. Dengan teknik ini, pengembang dapat memastikan bahwa perangkat lunak mereka memenuhi semua kriteria fungsional yang diperlukan dengan mengujinya di bawah berbagai macam masukan. Hasil pengujian halaman login dapat ditemukan pada Tabel 3 di bawah ini.

TABEL 3
PENGUJIAN HALAMAN LOGIN

Nama Pengujian	Bentuk Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian
Login Admin	Memasukkan <i>username</i> berupa email dan <i>password</i>	Pengguna masuk ke <i>back end</i> sistem sebagai Admin Sistem menampilkan pesan berhasil <i>login</i>	Berhasil
Login gagal	Kesalahan pada <i>username</i> berupa email dan <i>password</i>	Sistem menampilkan pesan terjadi kesalahan	Berhasil

Kemudian hasil pengujian keseluruhan halaman secara singkat ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini.

TABEL 4
PENGUJIAN KESELURUHAN HALAMAN

Nama Pengujian	Bentuk Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian
Pengujian Halaman <i>Dashboard</i>	Mengklik link yang diinginkan	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil
Pengujian Halaman Profil Web	Menjalankan fungsi melihat dan mengubah data profil	Sistem menjalankan fungsi pengelolaan data berita	Berhasil

Pengujian Halaman Data Berita	Menjalankan fungsi menambah, melihat, mengubah dan menghapus data berita	Sistem menjalankan fungsi pengelolaan data berita	Berhasil
Pengujian Halaman Data Kecamatan	Menjalankan fungsi menambah, melihat, mengubah dan menghapus data kecamatan	Sistem menjalankan fungsi pengelolaan data Kecamatan	Berhasil
Pengujian Halaman Kriteria	Menjalankan fungsi menambah, melihat, mengubah dan menghapus data kriteria dan sub kriteria	Sistem menjalankan fungsi pengelolaan data Kriteria	Berhasil
Pengujian Halaman Perhitungan	Menjalankan fungsi menambah, melihat, mengubah dan menghapus serta menghitung data menggunakan metode AHP	Sistem menjalankan fungsi pengelolaan data perhitungan	Berhasil
Pengujian Halaman <i>Home</i>	Menjalankan fungsi melihat informasi cuaca	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil
Pengujian Halaman <i>profil</i>	Menjalankan fungsi melihat profil web	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil
Pengujian Halaman <i>peta</i>	Menjalankan fungsi melihat peta dan luas daerah Kabupaten Ponorogo	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil
Pengujian Halaman Berita	Menjalankan fungsi melihat berita dan detail berita	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil

Pengujian Halaman Data Sebaran	Menjalankan fungsi pemetaan, baik tanpa kriteria maupun dengan kriteria serta melihat detail pemetaan	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil
Pengujian Halaman Kontak Kami	Menjalankan fungsi untuk mengisi form feedback	Sistem menampilkan halaman yang diinginkan	Berhasil

b. Pengujian *Usability Testing*

Pada pengujian ini, calon pengguna melakukan uji coba untuk mengevaluasi baik back end maupun front end sistem. Setelah tahap uji coba selesai, dilakukan pengambilan feedback dengan menggunakan kuesioner yang terdiri dari 6 (enam) pertanyaan. Total responden sebanyak empat orang, terdiri dari kepala dan tiga anggota BPBD Kabupaten Ponorogo. Pertanyaan-pertanyaan dalam kuesioner dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

TABEL 5
PERTANYAAN USABILITY TESTING

Kode	Pertanyaan
P1	Apakah sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor memiliki tampilan yang menarik?
P2	Apakah sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor mudah untuk digunakan?
P3	Apakah sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor dapat membantu memetakan daerah di wilayah tertentu?
P4	Apakah sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor dapat membantu tugas BPBD Kabupaten Ponorogo untuk memberikan informasi ke masyarakat?
P5	Apakah peta dari sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor tampil dengan baik?
P6	Apakah sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor layak untuk dikembangkan lebih lanjut?

Pertanyaan yang diajukan selama Pengujian Kegunaan mengungkapkan bahwa 75% peserta setuju bahwa sistem ini memberikan kesan visual yang positif. Selain itu, tiga perempat dari mereka yang disurvei merasa bahwa antarmuka sistem ini mudah digunakan. Setengah atau lebih dari mereka yang disurvei setuju

bahwa peta SIG yang disajikan di sini mudah dinavigasi. Lebih lanjut, 75% responden setuju bahwa sistem dapat membantu memetakan daerah rawan bencana tanah longsor di wilayah tertentu. Sementara itu, 50% responden sangat setuju bahwa sistem ini nantinya akan membantu tugas BPBD. Dan akhirnya, seluruh responden (100%) sangat setuju bahwa sistem layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Implementasi dan pengujian Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Longsor menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendekatan AHP digunakan untuk menggambarkan daerah rawan longsor dalam sistem informasi geografis yang telah dikembangkan untuk tujuan ini.
2. Hasil dari pengujian black box menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi-fungsi yang diharapkan. Selain itu, hasil pengujian usability testing menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mencapai tujuan penelitian, dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor berbasis website ini berhasil mengatasi masalah yang dihadapi.

B. Saran

Sistem informasi geografis pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor dapat diperluas dengan menambahkan fitur untuk upaya mitigasi lebih lanjut. Hal ini dapat mencakup implementasi Google Maps API, seperti menambahkan fitur posko bencana, sistem peringatan dini (remote sensing), dan pemantauan kecamatan secara berkala, setidaknya setiap musimnya. Dengan penambahan fitur-fitur ini, sistem akan menjadi lebih lengkap dan lebih efektif dalam membantu mengatasi potensi bencana tanah longsor serta memantau keadaan wilayah yang rawan.

REFERENSI

- [1] M. A. Khafid, "ANALISIS PENENTUAN ZONASI PEMUKIMAN RISIKO BENCANA TANAH LONGSOR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS;," 2019. [Online].
- [2] D. S. Rifki Taupik Qurohman, "PEMETAAN KEJADIAN BENCANA ALAM TANAH LONGSOR KABUPATEN MAJALENGKA MENGGUNAKAN SIG," 2021.
- [3] R. Adji, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/Prt/M/2007 Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor.," [Online]. Available: https://www.academia.edu/30041402/PERATURAN_MENTERI_PEKERJAAN_UMUM_NO_22_PRT_M_2007_PEDOMAN_PENATAAN_RUANG.
- [4] A. Humas, "Tim SAR Temukan 1 Korban Meninggal, 26 Masih dalam Pencarian pada Longsor Ponorogo," 2017. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/berita/tim-sar-temukan-1-korban-meninggal-26-masih-dalam-pencarian-pada-longsor-ponorogo>.

- [5] A. Y. E. P. Abdi Hernanda, "ANALISIS DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)".
- [6] L. M. S. F. J. A. Jauhari Pangaribuan, "ANALISIS DAERAH RAWAN BENCANA TANAH LONGSOR DI KABUPATEN MAGELANG MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI," 2019.
- [7] F. N. A. T. H. Dwi Sri Cahyono, "Aplikasi Pemasaran Berbasis Website pada Percetakan Morodadi Komputer Magetan," 2019.
- [8] H. A. Hariidhi, "Buku Ajar Sistem Informasi Geografis Kelautan," 2020.
- [9] A. A. M. Nur Adyla S, "PENGGUNAAN METODE AHP DALAM MENENTUKAN TINGKAT KEPENTINGAN KRITERIA LOKASI POTENSIAL," 2022.