

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana tanah longsor atau sering disebut gerakan tanah semakin sering terjadi di Indonesia dari tahun ketahun (Putra et al., 2024). Tanah longsor merupakan salah satu kejadian alam yang sering terjadi di wilayah pegunungan terutama pada musim hujan (Naryanto et al., 2019). Kondisi tektonik di Indonesia yang membentuk morfologi curam, serta batuan vulkanik rapuh ditambah iklim tropis basah, membuat tanah longsor kerap terjadi. Hal ini ditunjang dengan adanya degradasi perubahan tata guna lahan yang menyebabkan kejadian tanah longsor menjadi semakin meningkat (Budianta, 2021). Ketidak seimbangan gaya tersebut akibat adanya pengaruh gaya dari luar lereng yang meningkatkan gaya peluncur daripada gaya penahannya sehingga kondisi tersebut menyebabkan kestabilan lereng menurun dan memicu pergerakan massa tanah ke arah bawah lereng (Fadly et al., 2023).

Tanah longsor sendiri dapat terjadi disebabkan oleh adanya 2 faktor utama yaitu faktor fisik alam seperti kelerengan lahan yang curam, intensitas curah hujan yang tinggi, adanya sesar pada bentang lahan, jenis tanah dan jenis batuan yang mudah mengalami erosi serta adanya gerakan tanah dan faktor tutupan lahan yang tidak mampu menahan massa tanah atau batuan (Zulfa et al., 2022). Kemudian adanya faktor manusia seperti jarak dari jalan, jarak pemukiman, kepadatan penduduk dan kepadatan infrastruktur (Naryanto & Zahro, 2020). Faktor-faktor tersebut berkontribusi dalam meningkatkan potensi terjadinya tanah longsor. Dengan demikian, selain aspek biofisik wilayah, aktivitas manusia juga menjadi pemicu signifikan dalam memperburuk kondisi lereng dan mempercepat terjadinya gerakan tanah (Mulyasari et al., 2023)

Dalam upaya untuk mengurangi dampak kerusakan akibat tanah longsor, diperlukan sebuah sistem pemetaan yang dapat membantu mengidentifikasi daerah-daerah yang paling berisiko terkena bencana (Krisnandi, 2021). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk penelitian ini adalah *Composite Mapping Analysis* (CMA) berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) (Mapilata, 2013). *Composite Mapping Analysis* (CMA) merupakan suatu metode yang menggabungkan beberapa layer data spasial (komposit) untuk menghasilkan korelasi yang penting dalam hubungan antara data-data spasial tersebut (Maulita et al., 2024). Pendekatan ini didasarkan pada analisis hubungan spasial antara berbagai parameter yang berpengaruh terhadap suatu kejadian, baik berdasarkan data kejadian aktual (*observasi*) maupun estimasi potensi kejadian (*ekspektasi*) (Mapilata, 2013). Secara spasial, CMA memanfaatkan fungsi overlay poligon atau manipulasi data raster dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) (Haryani et al., 2012).



Geografis (SIG) adalah sistem komputer yang digunakan untuk npan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, ata yang berhubungan dengan lokasi-lokasi di permukaan bumi Sistem Informasi Geografis berasal dari gabungan 3 kata: Sistem, rgrafis. Dari ketiganya, dapat dipahami bahwa Sistem Informasi nggunaan sistem berisi informasi mengenai kondisi Bumi dalam angan (Fadly et al., 2023). Teknologi Sistem Informasi Geografis

(SIG) telah banyak digunakan untuk penilaian dan pemetaan kerentanan longsor, yang sering dikombinasikan dengan data yang dideteksi oleh teknik inovatif, misalnya, penginderaan jarak jauh satelit dan citra deteksi cahaya dan pengukuran jarak (LiDAR) (Roccati et al., 2021). Model berbasis SIG memungkinkan untuk mengelola data dalam jumlah besar, baik dalam bentuk ukuran berkas maupun skala geografis, dan untuk menentukan zonasi kerentanan longsor yang dinamis dan berkelanjutan. Hal ini merupakan syarat dalam perencanaan lahan dan mitigasi risiko bencana yang tepat (Feizizadeh & Blaschke, 2013).

Mitigasi bencana merupakan suatu serangkaian upaya yang bertujuan untuk meminimalkan risiko bencana dengan mengoptimalkan kapasitas dan meminimalkan ancaman serta kerentanan, baik dengan pembangunan fisik wilayah ataupun melalui edukasi atas kesadaran dan kemampuan dalam menghadapi ancaman yang timbul akibat bencana (Setiadi, 2013). Upaya mitigasi longsor dapat dilakukan secara struktural dan non struktural. Mitigasi Struktural merupakan bentuk upaya dalam meminimalkan bencana dengan cara fisik yaitu membangun bangunan yang tahan terhadap bencana longsor, seperti pembangunan tanggul atau talut pada kawasan dengan kelereng yang curam (Zulfa et al., 2022). Sedangkan untuk mitigasi non struktural lebih memanfaatkan teknologi sebagai bentuk prediksi dan antisipasi risiko bencana. Selain itu, mitigasi non struktural berkaitan langsung dengan sumber daya manusia serta kelembagaan terkait seperti pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pemetaan kerawanan bencana tanah longsor (Urbanus et al., 2021).

Kabupaten Mamuju, merupakan suatu wilayah yang memiliki kerentanan terhadap tanah longsor karena kondisi topografi yang bervariasi serta intensitas curah hujan yang tinggi (Daud et al., 2025). Selain itu, aktivitas manusia seperti pembukaan lahan dan pembangunan infrastruktur turut meningkatkan potensi bencana alam (Asrika I, 2025). Menurut Dokumen Kajian Risiko Bencana Nasional Provinsi Sulawesi Barat 2022–2026, Kabupaten Mamuju termasuk dalam wilayah dengan tingkat bahaya tanah longsor yang paling tinggi dibandingkan dengan kabupaten lainnya. Dari total luas wilayah Kabupaten Mamuju, sekitar 208.557 hektar dikategorikan memiliki bahaya longsor tinggi, 134.138 hektar tergolong bahaya sedang, dan 5.771 hektar termasuk dalam kategori bahaya rendah. Analisis ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh wilayah Kabupaten Mamuju memiliki kerentanan signifikan terhadap tanah longsor. Selain potensi bencana yang luas, wilayah ini juga diperkirakan mengalami kerugian fisik sebesar Rp 582,62 miliar dan kerugian ekonomi mencapai Rp 143,97 miliar, dengan total luas kerusakan lingkungan seluas 34.308 hektar. Bahkan, tren kejadian tanah longsor di Mamuju terus meningkat dari tahun ke tahun selama periode 2015 hingga 2019 (BNPB, 2021).

Kerentanan tanah longsor di Kabupaten Mamuju semakin diperparah oleh faktor geologi, khususnya aktivitas gempa bumi yang berkaitan dengan keberadaan struktur (2025). Salah satu peristiwa gempa tektonik yang signifikan terjadi pada 1, yakni pada hari Jumat, 15 Januari 2021, dengan kekuatan 6,2 kitar 6 km timur laut Majene pada kedalaman 10 km. Guncangan hampir di seluruh wilayah Provinsi Sulawesi Barat, termasuk Polewali Mandar, dan Mamasa, dengan tingkat kerusakan terparah di Majene dan Mamuju. Gempa ini bukanlah gempa pertama karena pada 14.45 terjadi gempa pembuka dengan kekuatan yang lebih kecil



yaitu 5,9 SR dan diikuti oleh beberapa gempa susulan. (Herlina & Yosephi, 2021). Rangkaian gempa tersebut berpotensi melemahkan struktur tanah dan batuan, memicu retakan lereng, serta menurunkan kestabilan massa tanah, sehingga meningkatkan peluang terjadinya tanah longsor di Kabupaten Mamuju (Fadila et al., 2025). Oleh karena itu, penting dilakukan identifikasi dan pemetaan zona kerawanan tanah longsor di Kabupaten Mamuju untuk mengetahui area berisiko tinggi agar dapat mendukung upaya mitigasi bencana yang lebih efektif.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis faktor lingkungan dan faktor manusia yang mempengaruhi tingkat kerawanan tanah longsor di Kabupaten Mamuju.
2. Memetakan kerawanan tanah longsor di Kabupaten Mamuju menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) berbasis SIG.

Penelitian ini berguna untuk menghasilkan peta kerawanan tanah longsor yang memperhitungkan kontribusi faktor lingkungan dan manusia yang mempengaruhi kerawanan tanah longsor serta menghasilkan peta kerawanan tanah longsor berbasis SIG menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) sebagai dasar pertimbangan dalam upaya mitigasi dan perencanaan wilayah di Kabupaten Mamuju.

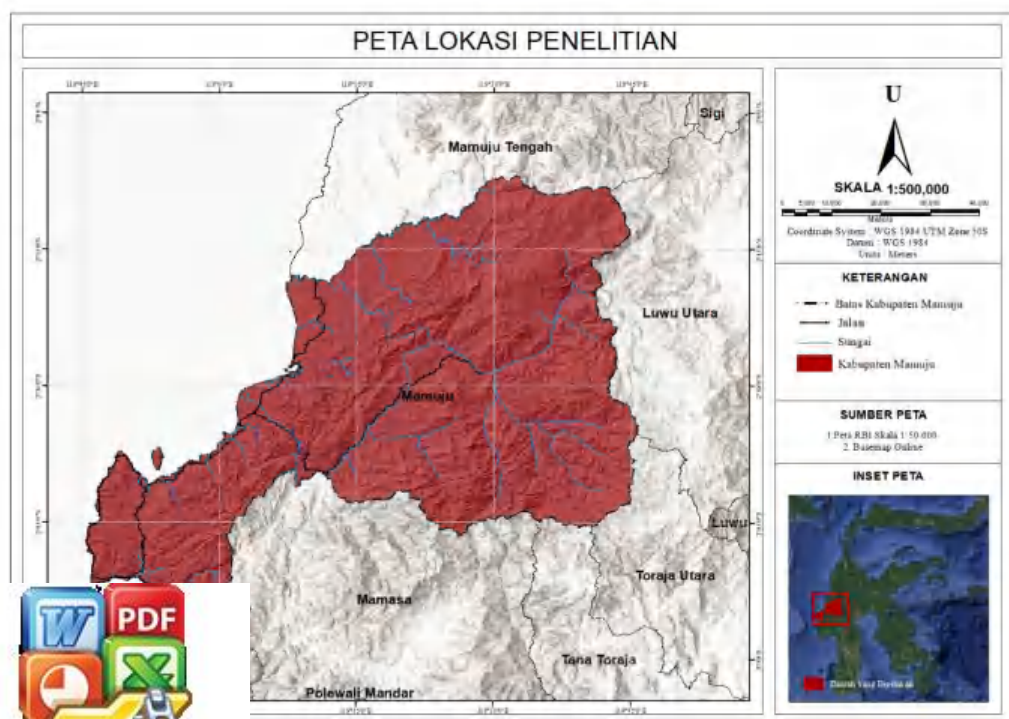


BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2025 hingga Desember 2025 dengan melalui dua tahapan kegiatan, yaitu pengumpulan data dan analisis data yang dilakukan di Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Secara astronomis, Kabupaten Mamuju terletak antara $10^{\circ} 38' 110''$ - $20^{\circ} 54' 552''$ LS dan $110^{\circ} 54' 47''$ - $130^{\circ} 5' 35''$ BT atau berada di bagian selatan dari garis khatulistiwa. Berdasarkan posisi geografisnya, Kabupaten Mamuju memiliki batas-batas: Utara-Kabupaten Mamuju Tengah; Selatan - Kabupaten Majene, Mamasa, dan Provinsi Sulawesi Selatan; Barat - Selat Makassar; Timur - Provinsi Sulawesi Selatan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Mamuju, 2025). Secara administratif Kabupaten Mamuju terbagi ke dalam 10 Kecamatan meliputi Kecamatan Tapalang, Tapalang Barat, Mamuju, Simboro dan Kepulauan, Kalukku, Papalang, Sampaga, Tommo, Kalumpang dan Bonehau. Dengan luas wilayah $\pm 4.936,02$ km² atau 493.602 hektar. Penetapan wilayah penelitian didasarkan pada batas administrasi Kabupaten dan Kecamatan yang diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada riwayat kejadian tanah longsor yang sering terjadi di lokasi penelitian. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Alat Penelitian

No	Alat	Kegunaan
1.	Laptop	Digunakan untuk memproses data dan menjalankan <i>Software</i> .
2.	<i>Software ArcGIS 10.8</i>	Digunakan untuk memproses data.
3.	<i>Microsoft Office</i>	Digunakan untuk pengolahan data tabular dan penyusunan laporan hasil penelitian.
4.	Aplikasi <i>google Earth Pro</i>	Digunakan untuk memperoleh koordinat titik kejadian tanah longsor
6.	<i>Smartphone</i>	Digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan.

2.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan Penelitian

No	Bahan	Kegunaan	Sumber
1.	Data DEMNAS (<i>Digital Elevation Model Nasional</i>)	Untuk pengolahan data Kemiringan lereng dan Ketinggian.	Badan Informasi Geospasial (BIG) https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/
2.	Penggunaan Lahan	Untuk data tutupan lahan.	Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) Wilayah VII Makassar
3.	Data spasial curah hujan 2020-2024	Untuk pengolahan data curah hujan.	Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/
4.	Peta jenis tanah	Untuk pengolahan data jenis tanah.	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (FAO) https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faunesco-soil-map-of-the-world/en/
5.	Peta Geologi	Untuk pengolahan data jenis batuan dan sesar.	Peta Geologi skala 1:250.000 https://geologi.esdm.go.id/geomap/
		Untuk pengolahan data jarak dari jalan.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/
		Untuk pengolahan data jarak dari pemukiman	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/



Tabel 2. Lanjutan bahan penelitian

No	Bahan	Kegunaan	Sumber
8.	Data jumlah Penduduk	Untuk pengolahan data kepadatan penduduk.	Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Mamuju https://mamujukab.bps.go.id/id
9.	Titik kejadian tanah longsor	Untuk memvalidasi data.	Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten mamuju
10.	Data Batas Administrasi	Untuk menentukan wilayah penelitian.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/

2.3 Pengumpulan Data

2.3.1 Faktor Lingkungan

Kemiringan lereng. Data kemiringan lereng diperoleh dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang diakses melalui portal <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>. Selanjutnya dilakukan pengolahan data DEMNAS menggunakan *tools* pada perangkat lunak ArcGIS, yaitu *slope*.

Kemiringan lereng (*slope*) merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kejadian tanah longsor. Secara spesifik, daerah dengan kemiringan lereng yang curam akan menyebabkan gaya pendorong ke arah bawah akan bertambah besar, sehingga kemiringan lereng memiliki peranan besar dalam memicu terjadinya tanah longsor (Roihan & Mataburu, 2023). Hal ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan nilai skor yang dimana bila kemiringan lerengnya tinggi maka skor yang diberikan juga tinggi. Tabel klasifikasi kemiringan lereng dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3. Skoring dan klasifikasi parameter kemiringan lereng

Klasifikasi kemiringan lereng	keterangan	skor
<15%	Datar	1
15-24%	Miring	2
25-44%	Agak curam	3
45-65%	Curam	4
>65%	Sangat curam	5

(Sumber: Harjadi & Paimin, 2013).

Ketinggian. Merupakan parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kerawanan tanah longsor, terutama kaitannya dengan kemiringan lereng dan intensitas curah hujan (Roihan & Mataburu, 2023). Ketinggian suatu wilayah dapat memengaruhi pola curah hujan, suhu dan tingkat pelapukan batuan. Daerah dengan ketinggian yang ng menerima curah hujan yang lebih besar, sehingga dapat pelapukan batuan dan kejenuhan tanah yang pada akhirnya dapat ah longsor (Hamdani et al., 2025).



Data ketinggian diperoleh dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang diakses melalui portal <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>. selanjutnya, dilakukan pengolahan data menggunakan *tools geoprocessing "Reclassify"* pada perangkat lunak ArcGIS. Tabel klasifikasi ketinggian dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. Skoring dan klasifikasi parameter ketinggian

Klasifikasi ketinggian	Keterangan	Skor
<100 mdpl	Sangat rendah	1
100-500 mdpl	Rendah	2
500-1.000 mdpl	Sedang	3
1.000-1.500 mdpl	Tinggi	4
>1.500 mdpl	Sangat tinggi	5

(Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Mamuju, 2025)

Curah hujan. Merupakan salah satu faktor penentu tingkat potensi bahaya longsor di daerah penelitian. Semakin tinggi nilai curah hujannya, maka wilayah tersebut cenderung memiliki potensi lebih tinggi terhadap bencana tanah longsor (Krisnandi et al., 2021). Tingginya intensitas Curah hujan berkaitan langsung dengan tingkat kejenuhan tanah oleh air, yang dapat menyebabkan lemahnya kohesi antar partikel tanah dan memicu terjadinya kejadian tanah longsor (Roihan & Mataburu, 2023).

Data curah hujan diperoleh dari *Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS). Data yang dianalisis mencakup periode bulanan dari tahun 2020-2024, yang diunduh dari sumber resmi (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>). Selanjutnya, diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk dilakukan proses *clipping* berdasarkan batas administrasi. Data tersebut kemudian diolah secara bulanan dari tahun 2020 hingga 2024, untuk menggambarkan variasi curah hujan dari waktu ke waktu. Selanjutnya dilakukan pengolahan statistik spasial dengan menggabungkan data curah hujan bulanan tadi untuk memperoleh nilai rata-rata curah hujan pada setiap piksel menggunakan *tools Cell Statistics* di ArcGIS, kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan metode *reclassify* berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Tabel klasifikasi curah hujan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. Skoring dan klasifikasi parameter curah hujan mm/bulan

Klasifikasi curah hujan	Keterangan	Skor
<1.000 mm	Sangat rendah	1
1.000-2.000 mm	Rendah	2
2.000-2.500 mm	Sedang	3
2.500-3.000 mm	Tinggi	4
>3.000 mm	Sangat tinggi	5

(Sumber: Krisnandi et al., 2021)



nah memiliki peran penting dalam penentuan kerawanan terhadap adanya perbedaan setiap karakteristik fisik dan kimia tanah yang stabilitas kemiringan lereng (Roihan & Mataburu, 2023). Misalnya, lereng tinggi biasanya memiliki kemampuan menahan air hingga lebih mudah jenuh dan kehilangan kohesi saat hujan deras memicu kejadian tanah longsor (Hasanah et al., 2017). Variasi ini

menekankan pentingnya memperhatikan jenis tanah sebagai indikator utama dalam menganalisis risiko kejadian tanah longsor.

Data jenis tanah diperoleh dari *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>. Dalam penelitian ini selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk selanjutnya dilakukan proses *clipping* berdasarkan batas administrasi. selanjutnya, diklasifikasikan berdasarkan tingkat kepekaan tanah terhadap kejadian tanah longsor. Tabel klasifikasi jenis tanah dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 6. Skoring dan klasifikasi parameter jenis tanah

Klasifikasi jenis tanah	Keterangan	Skor
Aluvial	Tidak peka	1
Asosiasi Latosol coklat kekuningan	Agak peka	2
Latosol coklat	Peka	3
Andosol, Podsolik	Cukup peka	4
Regosol	Sangat peka	5

(Sumber: Sunardi et al., 2022)

Jenis Batuan. Merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam menentukan kerawan tanah longsor dimana sifat batuan dan formasi geologi dapat memengaruhi kestabilan suatu tanah (Roihan & Mataburu, 2023) Jenis batuan memengaruhi kekuatan dan ketahanan material penyusun lereng terhadap pelapukan, sehingga berperan dalam menentukan tingkat kerawanan tanah longsor (Hasanah et al., 2017).

Data jenis batuan atau litologi diperoleh dari Peta Geologi Lembar Mamuju, skala 1:250.000 (Badan Geologi ESDM), melalui portal <https://geologi.esdm.go.id/geomap/> yang kemudian diolah dalam perangkat lunak ArcGIS untuk selanjutnya dilakukan proses *clipping* berdasarkan batas administrasi. selanjutnya, diklasifikasikan berdasarkan tingkat kepekaan tanah terhadap kejadian tanah longsor. Tabel klasifikasi jenis batuan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 7. Skoring dan klasifikasi parameter litologi atau jenis batuan

Klasifikasi jenis batuan	Keterangan	Skor
Batuan aluvial	Tidak Peka	1
Batuan sedimen	Peka	2
Batuan vulkanik	Sangat Peka	3

(Sumber: Sunardi et al., 2022).

Jarak dari Patahan. Patahan merupakan salah satu kontrol terhadap adanya gempa bumi dan kejadian seismisitas, apabila patahan tersebut aktif, maka daerah di sekitarnya akan mengalami guncangan yang dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor, sehingga jarak area terhadap struktur patahan dapat berpengaruh terhadap kejadian longsor (Sunardi et al., 2022).



Data jenis batuan atau litologi diperoleh dari Peta Geologi Lembar Mamuju, skala 1:250.000 (Badan Geologi ESDM) melalui portal <https://geologi.esdm.go.id/geomap/> yang kemudian diolah dalam perangkat lunak ArcGIS untuk selanjutnya dilakukan proses *clipping* berdasarkan batas administrasi. selanjutnya, menggunakan *tools multiple ring buffer* Untuk menentukan jarak patahan terhadap titik kejadian tanah longsor. Tabel klasifikasi jenis batuan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 8. Skoring klasifikasi parameter jarak dari patahan

Klasifikasi Jarak dari Patahan	Keterangan	Skor
>2000 m	Kurang Sesuai	1
1500-2000 m	Agak Sesuai	2
1000-1500 m	Sesuai	3
500-1000 m	Cukup Sesuai	4
<500 m	Sangat Sesuai	5

(Sumber: Fadilah et al., 2019)

2.3.2 Faktor manusia

Jarak dari jalan. Merupakan parameter penting dalam analisis kerawanan tanah longsor karena aktivitas pembangunan infrastruktur jalan sering menyebabkan gangguan terhadap kestabilan lereng, terutama melalui pemotongan lereng, gangguan drainase, dan getaran kendaraan berat (Ramadhani & Triyatno, 2025). Sehingga wilayah yang berada di sekitar jaringan jalan lebih rentan terhadap longsor dibandingkan dengan wilayah yang jauh dari jalan (Permana et al., 2017).

Data jaringan jalan diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) yang diakses melalui portal <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>. Data spasial ini kemudian diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan menggunakan *tools multiple ring buffer* untuk menentukan jarak dari jalan terhadap titik kejadian tanah longsor. Tabel klasifikasi jarak dari jalan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 9. Skoring kelas parameter jarak dari jalan

Klasifikasi Jarak dari jalan	Keterangan	Skor
>400 m	Tidak Sesuai	1
300-400 m	Agak Sesuai	2
200-300 m	Sesuai	3
100-200 m	Cukup Sesuai	4
0-100 m	Sangat sesuai	5

(Sumber: Ramadhani & Triyatno, 2025).

Jarak dari pemukiman. Merupakan parameter penting dalam analisis kerawanan tanah longsor karena area yang berada dekat dengan pemukiman mencerminkan tingkat keterpaparan penduduk terhadap ancaman. Semakin dekat suatu wilayah terhadap pemukiman, maka semakin besar potensi kerusakan dan jumlah korban jika bencana terjadi (Ramadhani & Triyatno, 2025). Selain itu, wilayah sekitar permukiman sering mengalami perubahan tutupan lahan dan degradasi lingkungan akibat aktivitas manusia (Hasanah et al., 2017).

Data permukiman diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) yang diakses melalui portal tanahair.indonesia.go.id/portal-web/. Adapun langkah pengumpulan datanya dari jalan yaitu diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan menggunakan *multiple ring buffer* untuk menentukan jarak dari pemukiman terhadap titik kejadian tanah longsor. Tabel klasifikasi jarak dari pemukiman dapat dilihat



Tabel 10. Skoring kelas parameter jarak dari pemukiman

Klasifikasi Jarak dari pemukiman	Keterangan	Skor
>400 m	Tidak sesuai	1
300-400 m	Agak Sesuai	2
200-300 m	Sesuai	3
100-200 m	Cukup Sesuai	4
0-100 m	Sangat sesuai	5

(Sumber: Ramadhani & Triyatno, 2025).

Kepadatan penduduk. Merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kejadian tanah longsor karena mencerminkan seberapa banyak populasi yang tinggal dalam suatu area dan sejauh mana tekanan terhadap lingkungan meningkat. Wilayah dengan kepadatan tinggi tidak hanya berisiko lebih tinggi dari segi jumlah korban saat bencana terjadi, tetapi juga dari sisi kerusakan lingkungan karena eksploitasi ruang yang intensif (Mapilata, 2013). Padatnya populasi sering diikuti oleh perubahan tutupan lahan, pembangunan infrastruktur, dan berkurangnya area resapan air, yang semuanya berkontribusi terhadap peningkatan kerawanan tanah longsor (Hasanah et al., 2017).

Data kepadatan penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Mamuju, melalui portal <https://mamujukab.bps.go.id/id> Data ini digunakan untuk melihat kepadatan penduduk per km² ditiap kecamatan yang kemudian dianalisis secara spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Tabel klasifikasi kepadatan penduduk dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 11. Skoring kelas parameter Kepadatan Penduduk Jiwa/km²

Klasifikasi kepadatan penduduk	Keterangan	Skor
0-10	Sangat Rendah	1
10-100	Rendah	2
100-500	Sedang	3
> 500	Tinggi	4

(Sumber: Shofi Edriani et al., 2021)

Penggunaan lahan. memiliki peran penting dalam penentuan tingkat kerawanan tanah longsor. Peran ini berkaitan erat dengan kemampuan suatu daerah dalam meredam erosi dan menjaga kestabilan lereng. Keberadaan vegetasi, seperti hutan dan semak, membantu memperkuat struktur tanah melalui sistem perakaran yang mampu mengikat butiran tanah, meningkatkan kekuatan kohesi, serta mengurangi limpasan permukaan yang dapat memicu erosi (Roihan & Mataburu, 2023). Sebaliknya, jika wilayah yang mengalami degradasi tutupan lahan seperti kawasan terbuka seperti lahan terbuka dan pemukiman akan lebih rentan terhadap longsor karena tanah lebih mudah mengalami kejenuhan air dan kehilangan penahan alami (Hanifudin et al., 2024)

Perubahan tutupan lahan sangat berpengaruh terhadap peningkatan potensi erosi atau karena mengubah keseimbangan alami ekosistem lereng dan pelapukan serta ketidakstabilan tanah, terutama di daerah dengan lereng curam dan curah hujan yang tinggi (Sunardi et al., 2022). Data Kabupaten Mamuju diperoleh dari Balai Pemantapan Kawasan Perencanaan Wilayah VII Makassar. Data tersebut merupakan data tutupan lahan hasil penginderaan jauh yang kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa kelas penggunaan



lahan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Tabel klasifikasi Penggunaan lahan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 12. Skoring klasifikasi parameter Penggunaan lahan

Klasifikasi Penggunaan Lahan	Keterangan	Skor
Hutan	Tidak peka	1
Semak belukar	Agak peka	2
Ladang/Perkebunan	Peka	3
Sawah/Tambak	Cukup peka	4
Tanah terbuka/Permukiman	Sangat peka	5

(Sumber: Mala, 2016).

2.4 Analisis Data Composite Mapping Analysis (CMA)

Metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) merupakan metode yang digunakan dalam menganalisis tingkat kerawanan tanah longsor di Kabupaten Mamuju. *Composite Mapping Analysis* (CMA) merupakan metode berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan untuk menghasilkan peta kerawanan bencana dengan menggabungkan beberapa parameter yang berpengaruh (Roihan & Mataburu, 2023).

Dalam metode CMA ini, setiap parameter yang dianggap berpengaruh terhadap kejadian longsor diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas dan diberikan skor berdasarkan tingkat risikonya. Selanjutnya, dilakukan overlay dengan titik kejadian tanah longsor yang diambil dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Mamuju.

2.4.1 Perhitung hasil observasi spasial

Untuk menghitung bobot kerawanan dari setiap parameter, digunakan pendekatan perbandingan antara nilai observasi (O) dan ekspektasi (E) dari kejadian tanah longsor di setiap kelas parameter.

1. Nilai Observasi (O): Jumlah titik kejadian longsor yang terjadi di tiap kelas parameter
2. Nilai Ekspektasi (E): Jumlah kejadian longsor yang terjadi di kelas tersebut, berdasarkan proporsi (%) luas kelas terhadap total luas wilayah studi.

Nilai Ekspektasi (E_i) dihitung sebagai berikut:

$$E_i = T X \frac{F_i}{100} \quad (1)$$

Keterangan:

T = total kejadian tanah longsor

F_i = proporsi area pada kelas parameter ke-i



akan perhitungan rasio untuk setiap kelas parameter. Nilai O/E > 1 tersebut memiliki kerawanan lebih tinggi dari yang diperkirakan, menunjukkan kerawanan yang lebih rendah dari ekspektasi spasial. Rasio sebagai berikut:

$$Rasio = \frac{O_i}{E_i} \quad (2)$$

Keterangan:

O_i = Nilai observasi pada kelas parameter ke- i

E_i = Nilai ekspektasi pada kelas parameter ke- i

Setelah semua nilai rasio diperoleh, langkah selanjutnya adalah menormalkan nilai rasio tersebut agar diperoleh skor yang menunjukkan kontribusi relatif tiap kelas terhadap kerawanan.

Nilai skor tiap kelas dihitung sebagai berikut:

$$x_i = \frac{(O_i/E_i)}{\sum (O_i/E_i)} \times 100 \text{ atau } y_i = \frac{(O_i/E_i)}{\sum (O_i/E_i)} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

O_i : jumlah observasi kejadian longsor pada kelas parameter ke- i

E_i : jumlah kejadian longsor yang diharapkan pada kelas parameter ke- i

$\sum (O/E)$: total keseluruhan observasi terhadap ekspektasi

Tabel 13. Contoh tabel hasil operasi spasial

Klasifikasi Kemiringan lereng	Luas (Ha)	Titik longsor (O)	TL/HA	Ekspektasi TL	O/E	Skor
0-15%
15-24%
25-44%
45-65%
>65%
Total
Rata-rata			...			

2.4.2 Penentuan Bobot Faktor Lingkungan dan Manusia (E dan H)

Setelah dilakukan klasifikasi, pemberian skor, dan perhitungan rasio Observasi terhadap Ekspektasi (O/E) untuk masing-masing parameter, langkah selanjutnya adalah menghitung bobot total untuk masing-masing kelompok faktor, yaitu faktor lingkungan dan faktor manusia. Perhitungan bobot total ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kontribusi masing-masing kelompok faktor terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Nilai bobot relatif (*Mean Spasial*) masing-masing sub faktor dihitung sebagai berikut:

$$W_i = \frac{M_i}{\sum M_i}, V_i = \frac{N_i}{\sum N_i} \quad (4)$$

Keterangan:

M_i = Rata2 % titik kejadian pada longsor masing2 parameter faktor lingkungan

N_i = Rata2 % titik kejadian pada longsor masing2 parameter faktor manusia

if (*Mean Spasial*) faktor lingkungan (E) dan manusia (H) dihitung



$$E = \frac{\sum (\frac{O}{E})_{Lingkungan}}{\sum (\frac{O}{E})_{Manusia} + \sum (\frac{O}{E})_{Lingkungan}}, H = \frac{\sum (\frac{O}{E})_{Manusia}}{\sum (\frac{O}{E})_{Manusia} + \sum (\frac{O}{E})_{Lingkungan}} \quad (5)$$

Keterangan:

$\sum (O/E)$ Lingkungan : total rasio O/E dari semua parameter faktor lingkungan

$\sum (O/E)$ Manusia: total rasio O/E dari semua parameter faktor manusia

2.4.3 Perhitungan nilai kerawanan komposit (V)

Setelah diperoleh bobot relatif dari masing-masing parameter serta bobot total dari kelompok faktor lingkungan (E) dan faktor manusia (H), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai kerawanan komposit (V).

Nilai kerawanan komposit (V) dihitung sebagai berikut:

$$V = E \sum (W_i.X_i) + H \sum (V_i.Y_i) \quad (6)$$

Keterangan:

X_i : skor dari faktor lingkungan ke-i

Y_i : skor dari faktor manusia ke-i

W_i : bobot relatif dari faktor lingkungan ke-i

V_i : bobot relatif dari faktor manusia ke-i

E : bobot lingkungan

H : bobot manusia

Nilai kerawanan komposit (V) yang telah dihitung selanjutnya digunakan untuk menyusun peta kerawanan tanah longsor. Klasifikasi nilai kerawanan dilakukan dengan metode *Equal Interval*, yaitu dengan membagi selisih antara nilai maksimum dan minimum menjadi tiga kelas yang merepresentasikan zona kerawanan rendah, sedang, dan tinggi.

Adapun rumus untuk interval dihitung sebagai berikut:

$$Interval = \frac{V_{max} - V_{min}}{n} \quad (7)$$

Keterangan:

V_{max} : Nilai maximum

V_{min} : Nilai minimum

n : Jumlah Kelas

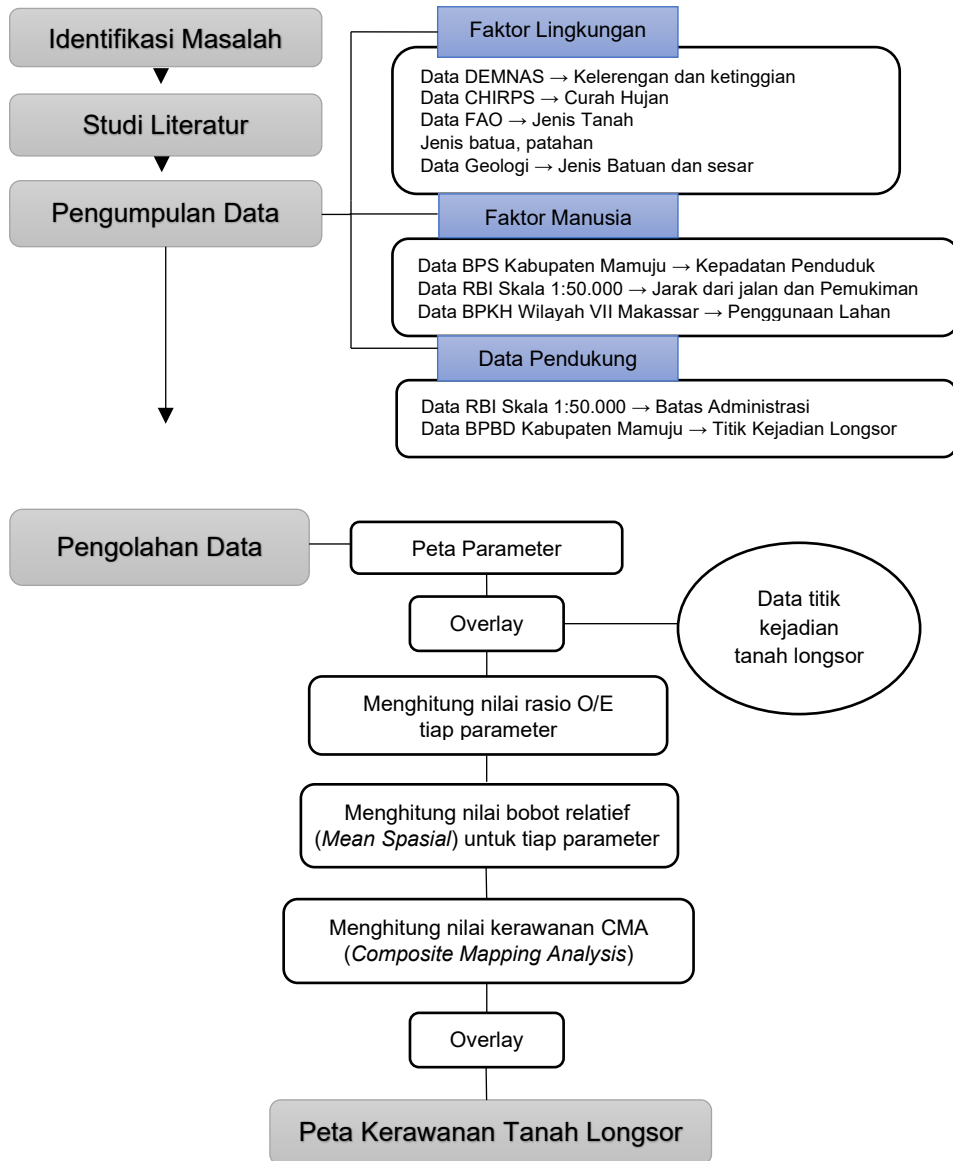
2.4.4 Validasi Peta Kerawanan Tanah Longsor

Validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan hasil pemodelan kerawanan tanah longsor yang dihasilkan dengan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA). Proses validasi dilakukan melalui validasi silang spasial. Validasi silang spasial merupakan metode evaluasi model spasial yang digunakan untuk menilai ketepatan hasil ara membandingkan prediksi model dengan data observasi aktual



Optimized using
trial version
www.balesio.com

rasi yang diperoleh tinggi ($\geq 85\%$), maka peta kerawanan yang nggap baik dan layak digunakan sebagai dasar pengambilan igasi bencana. Sebaliknya, apabila nilai akurasi rendah ($< 85\%$), uasi ulang terhadap proses interpretasi atau penambahan jumlah angan (Faldi et al., 2023).



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

