

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Longsor merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia. Longsor adalah proses perpindahan material pembentuk lereng yang bergerak keluar dari lereng (PVMBG, 2015). Menurut BNPB (2021) Longsor sering terjadi saat musim penghujan. Intensitas hujan yang tinggi dapat memicu terjadinya longsor melalui penambahan beban lereng atau peningkatan kandungan air dalam tanah, sehingga terjadi pergeseran material lereng. Material lereng yang runtuh akan menyebabkan berbagai macam kerugian.

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap bencana alam, banyak faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya bencana ini. Salah satunya adalah letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, sehingga mengakibatkan curah hujan yang tinggi serta perubahan iklim dan cuaca yang tidak menentu, Hal ini menyebabkan bencana longsor sangat mudah terjadi di Indonesia (Umaternate et al., 2021). Isnaini (2019) Mengatakan bahwa terjadinya bencana longsor dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti presipitasi, geologi, jarak dari patahan, vegetasi, dan topografi.

Bencana longsor dapat terjadi akibat dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam yang mempengaruhi terjadinya longsor adalah kemiringan lereng yang curam dengan kemiringan lebih dari 40° dan terganggunya kestabilan tanah yang diakibatkan oleh pergerakan tanah, batuan, atau pencampuran keduanya yang menuruni lereng (Fatiatun et al., 2019). Faktor manusia juga dapat mempengaruhi terjadinya longsor. Kegiatan manusia seperti membangun infrastruktur pada bagian lereng menjadi salah satu pemicu terjadinya bencana longsor, sehingga dapat menimbulkan kerugian atau dampak dari segi materi maupun non materi.

Pada rentang tahun 2023 sampai tahun 2024 tercatat sering sekali terjadi longsor di daerah Luwu, ada beberapa daerah yang tercatat oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yakni Jalan Poros Desa Bonglo, Kecamatan Bastem Utara. Hal yang mengakibatkan terjadinya bencana alam longsor di daerah tersebut yakni, curah hujan yang sangat tinggi, penyempitan jalan, pendangkalan sungai, dan penggundulan pada kawasan hutan. Secara geografis sebagian besar wilayah Luwu terletak pada dataran tinggi oleh karena itu, banjir dan longsor sering terjadi. Wilayah ini juga termasuk pada kawasan Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Paremang dengan luas area 9.277.621 ha.

Hujan yang terus menerus dengan intensitas yang sangat tinggi mengakibatkan terjadinya pengikisan tanah oleh karena itu bencana longsor

sangat mungkin terjadi di DAS Paremang. Bencana alam tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi terutama di Kabupaten Luwu. Kejadian tanah longsor yang terjadi di DAS Paremang menimbulkan banyak kerugian baik dari segi fisik maupun sosial (Nusantara & Setianto, 2015).

Terjadinya tanah longsor memiliki dampak yang sangat besar terhadap kehidupan, khususnya manusia. Bila tanah longsor terjadi pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi maka korban jiwa yang di timbulkannya akan sangat besar terutama bencana tanah longsor (Risal Ardiansyah Putra et al., 2021). Penelitian ini nantinya akan mengkaji mengenai kerawanan tanah longsor di DAS Paremang dengan memanfaatkan system informasi geografis (SIG) dan menggunakan pendekatan metode frekuensi rasio dan metode *fuzzy logic*. Frekuensi Rasio (FR) merupakan metode kuantitatif yang banyak digunakan dalam penilaian kerentanan tanah longsor dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) serta data spasial. Metode ini dinilai efektif karena mampu menunjukkan hubungan kuantitatif antara kejadian longsor yang terinventarisasi dengan faktor-faktor penyebabnya. Perhitungan FR dilakukan dengan membandingkan proporsi kejadian longsor terhadap rasio luas wilayah (Soma & Kubota, 2017).

Di sisi lain, Fuzzy Logic merupakan salah satu pendekatan sistem cerdas yang berfungsi sebagai sistem kendali sekaligus metode pemecahan masalah, termasuk dalam mendeteksi area rawan longsor (Effendi & Hariyanto, 2016). Dengan pendekatan probabilistik, metode FR dapat memperkirakan kemungkinan terjadinya longsor secara lebih akurat. Identifikasi area longsor biasanya dilakukan melalui interpretasi citra udara yang kemudian dikombinasikan dengan data GIS, sehingga memungkinkan evaluasi terhadap frekuensi serta distribusi longsor pada wilayah tertentu (Handayani & Singarimbun, 2016).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penerapan metode yang mampu membantu memprediksi tingkat kerawanan tanah longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Paremang. FR dianggap sebagai metode yang sederhana, cepat, dan efektif untuk menganalisis tingkat kerentanan tanah longsor (Amaliah & Alif Syabandi, 2023). Sementara itu, Fuzzy Logic berperan dalam memperkuat analisis melalui fitur *spatial analysis tools* berupa *fuzzy overlay* pada ArcGIS. Kombinasi kedua metode ini tidak hanya berfungsi sebagai dasar informasi dalam pemanfaatan ruang, tetapi juga menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan mitigasi bencana tanah longsor.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

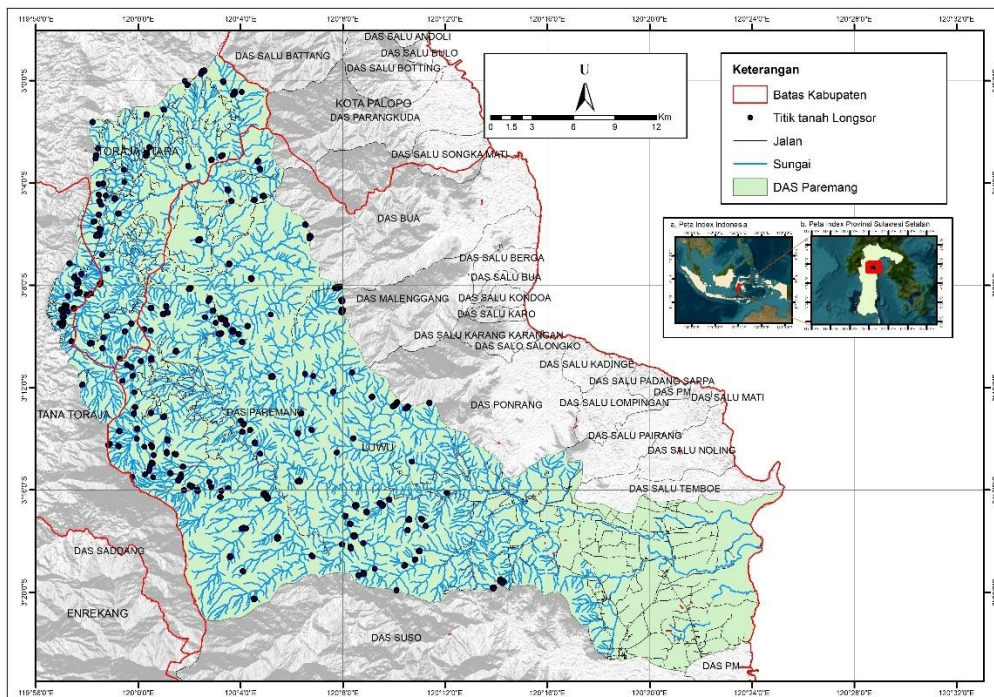
1. Mengidentifikasi kejadian tanah longsor tahun 2019 - 2024 di DAS Paremang.
2. Membuat Peta Kerawanan Tanah Longsor di DAS paremang.

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat kerawanan tanah longsor di DAS Paremang Kabupaten Luwu dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Serta Peta hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan pemerintah dan instansi setempat dalam Upaya mitigasi dan tanggap bencana Alam.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 sampai bulan Juni Tahun 2025. Lokasi penelitian ini terletak di DAS Paremang. Secara geografis, wilayah DAS Paremang berada pada koordinat $2^{\circ}58'59'' - 3^{\circ}21'06''$ LS dan $119^{\circ}56'22'' - 120^{\circ}24'09''$ BT, terletak di Kabupaten Luwu, Kabupaten Tana toraja, Kabupaten Toraja Utara, Kabupaten Enrekang, Provinsi Sulawesi Selatan. Kemudian untuk kegiatan analisis data lapangan akan dilakukan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, tepatnya di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No	Alat	Jenis/Tipe	Fungsi
1	Laptop yang dilengkapi dengan <i>software</i> GIS, <i>Google Earth Pro</i> , <i>SPSS (Statistical package for social sciences)</i> .	Arcgis, <i>Microsoft Excel</i> , dan <i>SPSS</i>	Untuk melakukan analisis data spasial dan data statistik
2	Alat tulis menulis		Berfungsi untuk mencatat alur penelitian (teknis dan non teknis)
3	Kamera	Handphone	Untuk dokumentasi lokasi penelitian

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian

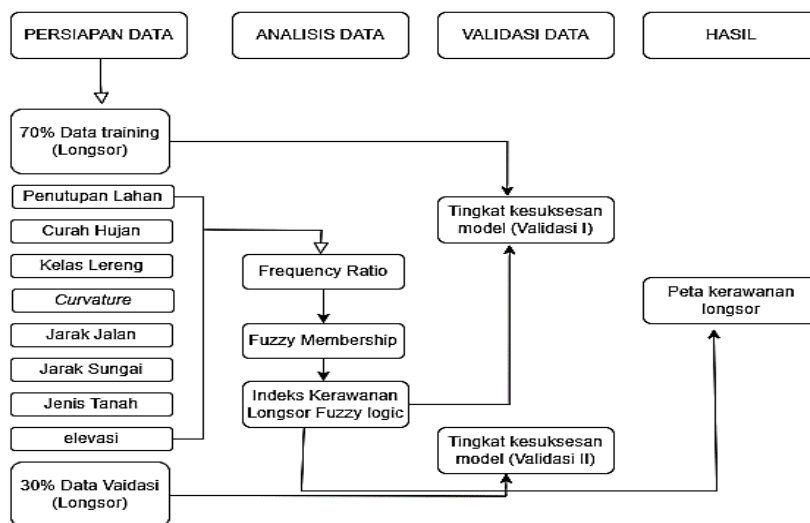
No	Bahan	Kegunaan	Sumber
1	<i>Citra Time Series</i> Tahun 2019 - 2024	Untuk menginventarisasi kejadian tanah longsor	<i>Google Earth Pro</i>

No	Bahan	Kegunaan	Sumber
2	Citra DEMNAS (<i>Digital Elevation Model Nasional</i>) Tahun 2024 resolusi 8 meter	Untuk data Pembangunan faktor kemiringan lereng, ketinggian, arah lereng, kelengkungan bumi, dan jarak dari sungai	DEMNAS Inageoportal
3	Citra <i>Sentinel – 2</i> L2A/B Tahun 2024	Untuk analisis penutupan lahan	<i>Esa Copernicus</i>
4	Peta Rupa Bumi Indonesia (Peta RBI) Tahun 2024	Untuk sebagai data pendukung analisis dan administrasi	DEMNAS Inageoportal
5	Peta Geologi skala 1:40.000 untuk melihatpatahan dan geologi	Untuk data pembangun faktor litologi dan jarak daripatahan	Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia
6	Data curah hujan tahun 2019 – 2024, titik stasiunglobal <i>weather</i>	Untuk analisis curah hujan	<i>Global Weather</i> danMERRA NASA - II
7	Peta Batas Daerah Aliran Sungai DAS Paremang Tahun2018 dengan skala 1:40.000	Untuk pera dasar lokasi penelitian	Direktorat Jenderal Pengendalian DAS
8	Batas Administrasi Kabupaten Tahun 2019 dengan skala 1:40.000	Untuk peta dasar batas lokasi penlitian di kabupaten	DEMNAS Inageoportal

No	Bahan	Kegunaan	Sumber
9	Data <i>Shaphile</i> RePPProt Tahun 2019	Untuk peta jenis tanah	<i>Shaphile</i> RePPProt

2.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini di lakukan melalui beberapa tahapan yaitu identifikasi tanah longsor, analisis data, validasi data, dan pembuatan peta kerawanan tanah longsor.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

2.3.1 Identifikasi Tanah Longsor

Tahap ini dilakukan untuk inventarisasi serta mengidentifikasi tanah longsor selama 5 tahun terakhir dari Tahun 2019 sampai Tahun 2024 dengan memanfaatkan citra *time series* dari aplikasi *google earth pro*. Wilayah yang teridentifikasi tanah longsor diberikan penanda sebagai tanda koordinat *polygan* longsor, identifikasi tanah longsor yang terjadi pada Tahun 2019 sampai Tahun 2024 merupakan data yang digunakan sebagai data primer.

2.3.2 Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Faktor penyebab tanah longsor adalah faktor yang secara langsung menyebabkan terjadinya tanah longsor. Faktor-faktor penyebab tersebut memegang peranan penting terhadap terjadinya tanah longsor dan dapat mempengaruhi sejauh mana suatu wilayah tertentu rentan terhadap fenomena tanah longsor. Faktor-faktor penyebab dapat diidentifikasi untuk memungkinkan permodelan mengidentifikasi terjadinya tanah longsor (Fithria et al., 2012). Adapun faktor penyebab kerawanan tanah longsor:

1. Curah Hujan

Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul pada suatu tempat datar, tanpa terjadi penguapan, rembesan, atau limpasan. Selain itu curah hujan merupakan adalah banyaknya air hujan yang jatuh ke permukaan bumi selama jangka waktu tertentu pada suatu daerah atau lokasi (Soewarno, 2015). Data curah hujan yang digunakan diperoleh dari perhitungan curah hujan rata-rata harian dari Tahun 2019 hingga Tahun 2024, adapun data curah hujan dapat di download di laman <https://chrsdata.eng.uci.edu/>. Perolehan data dalam bentuk tabular yang diolah pada *software MS.Excel*. Hasil olah data kemudian dilanjutkan dalam analisis penggambaran spasial dengan menerapkan metode isohyet pada tools *Inverse Distance Weighted* (IDW). Hasil metode tersebut akan membentuk lima kelas. Setelah pembentukan kelas, akan menentukan curah hujan rata – rata dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (Teguh Yuono & Erni Mulyandari, 2021).

2. Kemiringan Lereng

Pembuatan peta kemiringan lereng dengan mengumpulkan data DEMNAS serta data batas administrasi lokasi, kemudian data tersebut diolah di aplikasi ArcGIS dengan menggunakan tools *slope*. Klasifikasi kelas kemiringan lereng terdiri dari 0 - 8% (datar), 8% - 15% (curam), 15% - 25% (agak curam), 25% - 45% (curam) dan > 45% (sangat curam) (Andhika, 2024).

3. Elevasi

Elevasi di setiap daerah berbeda-beda, elevasi dapat mempengaruhi akan terjadinya tanah longsor oleh karena itu apabila nilai elevasi di suatu daerah tinggi maka semakin tinggi pula potensi terjadinya longsor. Data elevasi diperoleh dari data DEMNAS. Pengelolaan data elevasi pada *software ArcGIS 10.4.1* dengan klasifikasi data 0 – 250 mdpl, 250 – 500 mdpl, 500 – 750 mdpl, 750 – 1.000 mdpl, > 1.000 mdpl.

4. Kurvatur

Kondisi litologi sangat berpengaruh terhadap ketidakstabilan lereng dan

kejadian longsor. Dalam menentukan ketahanan litologi di daerah penelitian, jenis batuan, kondisi tektonik, dan ketahanan terhadap faktor pelapukan merupakan faktor yang paling penting. Oleh karena itu, kecenderungan tanah longsor pada struktur-struktur tersebut, kerapatan longsor yang ada pada struktur yang berbeda harus dianalisis.

5. Tutupan lahan

Tutupan lahan cenderung didasarkan pada jenis vegetasi di lahan tersebut, sedangkan penggunaan lahan didasarkan pada aktivitas manusia. Aktifitas manusia yang berlebihan akan menyebabkan terjadi tanah longsor karena mengganggu keseimbangan lereng. Dengan demikian tutupan lahan merupakan salah satu indikator yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor. Pengelolaan data tutupan lahan yang diperoleh dari Citra Sentinel 2A Tahun 2014 dan Tahun 2024 pada *platform Copernicus Open Access Hub*, selanjutnya diolah melalui digitasi di *ArcGIS* dengan panduan identifikasi berdasarkan aturan Badan Informasi Geospasial tahun 2016. Hasil digitasi tutupan lahan diuji untuk memverifikasi keakuratan sistem dengan membandingkan data prediksi dan data lapangan. Apabila ingin melakukan pengujian ketelitian klasifikasi tujuannya untuk melihat atau menentukan kesuksesan suatu klasifikasi oleh karena itu kita melakukan perhitungan akurasi menggunakan *Kappa Accuracy (KA)*.

$$Kappa\ Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_i + x + 1}{N^2 \sum_{i=1}^r x_i + x + 1}$$

(1)

Keterangan:

X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-I dan kolom ke-i

X_{+i} : Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{i+} : Jumlah piksel dalam baris ke-i

N : Banyaknya piksel dalam contoh

r : Nomor baris di dalam matriks.

6. Jarak dari Sungai

Jarak dari sungai merupakan ukuran jarak horizontal antara suatu lokasi atau benda dengan sungai terdekat. Jarak tersebut memiliki ukuran yang umum digunakan dalam konteks hidrologi, geomorfologi dan perencanaan penggunaan lahan. Jarak dari sungai merupakan faktor penting dalam kerawanan tanah longsor, karena dapat mempengaruhi risiko terjadinya tanah longsor. Saat hujan, air hujan akan menemukan titik terendah di permukaan, sedangkan limpasan dari bawah permukaan akan terisi dan mengalir ke sungai. Air yang mengalir di sungai lambat laun akan mengikis

dinding sungai. Jika letak sungai dekat dengan lereng, erosi sungai akan menyebabkan longsor pada dinding sungai. Peta jarak dari sungai menggunakan data sungai dari RBI Tahun 2019. Setelah diunduh, selanjutnya diolah *software ArcGIS 10.4.1* dengan *tools euclidean distance*. Klasifikasi data jarak dari sungai diantaranya 0 – 500 m, 500 – 1.000 m, 1.000 – 1.500 m, 1.500 – 2.000 m, serta > 2.000 m.

7. Jarak Jalan

Keberadaan jalan yang terlalu dekat dengan lereng bisa memicu terjadinya longsor. Aktivitas kendaraan yang melintasi jalan tersebut menghasilkan getaran, yang secara perlahan memicu terbentuknya retakan pada permukaan jalan. Jika retakan ini tidak segera ditangani, maka lama-kelamaan dapat menyebabkan terjadinya longsor (Hidayah et al., 2017). Jarak jalan mempengaruhi potensi longsor karena jalan yang terlalu dekat dengan lereng dapat mengakibatkan terganggunya stabilitas tanah melalui pemotongan lereng, getaran kendaraan dan pola aliran air permukaan. Adapun hasil klasifikasi dari jarak jalan terbagi menjadi 5 kelas yaitu 0 – 500 m, 500 – 1.000 m, 1.000 – 1.500 m, 1.500 – 2.000 m, serta > 2.000 m.

8. Jenis tanah

Jenis tanah memiliki peran penting dalam menentukan potensi terjadinya longsor karena karakteristik fisik dan kimia tanah sangat mempengaruhi kestabilan lereng. Tanah dengan tekstur halus seperti lempung dan liat memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi. Ketika hujan deras terjadi, tanah ini akan cepat jenuh air sehingga ikatan antar partikel tanah melemah. Akibatnya, tanah menjadi lebih berat dan kehilangan daya cengkramnya terhadap lereng, yang kemudian meningkatkan risiko longsor. (Silalahi et al., 2019) . Selain itu, porositas tanah juga berpengaruh. Tanah yang sangat poros dapat menyimpan banyak air, tetapi jika tidak disertai dengan permeabilitas yang baik, air akan terperangkap dan meningkatkan tekanan air pori dalam tanah. Tekanan air pori yang tinggi ini akan menurunkan kekuatan geser tanah, menjadikannya mudah bergeser atau runtuh (Purba et al., 2014).

2.3.3 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Frekuensi Rasio (FR). FR didefinisikan sebagai perbandingan antara luas area yang mengalami kejadian longsor dengan total luas area berdasarkan faktor penyebab tertentu. Interpretasi nilai FR menunjukkan bahwa apabila rasio lebih besar dari 1,0 maka terdapat hubungan yang kuat antara kejadian longsor dengan faktor penyebabnya.

Sebaliknya, jika nilai rasio kurang dari 1,0 maka hubungan yang terbentuk relatif lemah (Lee & Lee, 2006; dalam Soma & Kubota, 2017). Setiap kelas faktor memiliki nilai FR yang mencerminkan tingkat keterkaitannya dengan kejadian longsor, yang perhitungannya mengacu pada rumus yang dikemukakan oleh Soma & Kubota (2017).

$$Fr = \frac{P_{xL}(nm) / \sum P_{nXL}}{Pixel(nm) / \sum P_{nX}} \quad (2)$$

Di mana: Fr adalah frekuensi rasio; P_{xL} adalah jumlah pixel dengan tanah longsor didalam kelas n dari parameter m (nm); Pixel adalah jumlah pixel di kelas n dari parameter m (nm); $\sum P_{nXL}$ adalah total piksel longsor dari parameter m; dan $\sum P_{nX}$ adalah keseluruhan piksel dari area. Berdasarkan hasil perhitungan, selanjutnya dilakukan normalisasi nilai sesuai dengan rentan nilai input pada metode RL. Menurut (Devkota et al., 2013)) bahwa normalisasi data meminimalisir ketidakpastian pada faktor penyebab tanah longsor sebagai data input model regresi logistik. Nilai normalisasi data merupakan proses perubahan nilai-nilai variabel FR ke dalam skala antara 0 sampai 1.

$$N_{FR} = \frac{X_{FR}}{MAX_{FR}} \quad (3)$$

Keterangan:

N_{FR} : Nilai normalisasi pada frekuensi rasio

X_{FR} : Nilai pada hasil FR di dalam kelas n dari parameter FR

MAX_{FR} : Nilai FR maksimum dari semua parameter dan kelas n.

Setelah melakukan pengolahan nilai dari frekuensi rasio Langkah selanjutnya yakni melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. Data spasial yang telah diperoleh, diinput dan digunakan pada tools di *fuzzy* yang berada pada software ArcGIS. Adapun operator *fuzzy* yang ada di software ArcGIS ada 5 yakni *Fuzzy AND*, *Fuzzy OR*, *Fuzzy algebraic product*, *Fuzzy algebraic sum* dan *Gamma fuzzy operator* (Pradhan, 2010). Penelitian ini menggunakan 5 operator fuzzy tersebut untuk kombinasi *fuzzy membership* serta pembuatan indeks kerawanan tanah longsor.

a. Fuzzy AND

$$M_{combination} = \text{MIN}(m_A, m_B, m_C, \dots) \quad (4)$$

Keterangan:

$M_{combination}$: Perhitungan fungsi *fuzzy membership*

$m_{A,B,C}$, dst : Nilai untuk peta A,B,C dst. Yang berada di lokasi penelitian.

b. Fuzzy OR

$$M_{\text{combination}} = \text{MAX} (m_A, m_B, m_C, \dots) \quad (5)$$

Keterangan:

$M_{\text{combination}}$: Perhitungan fungsi *fuzzy membership*

$m_{A,B,C}$, dst : Nilai untuk peta A,B,C dst. Yang berada di lokasi penelitian.

c. Fuzzy Algebraic Product

$$M_{\text{combination}} = \pi_i^n = 1 m_i \dots \quad (6)$$

Keterangan:

M_i : fungsi *fuzzy membership* untuk peta ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$ peta yang akan dikombinasi).

d. Fuzzy Algebraic Sum

$$M_{\text{combination}} = \pi_i^n = 1 (1 - m_i) \dots \quad (7)$$

Keterangan:

M_i : Fungsi *fuzzy membership* untuk peta ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$ peta yang akan dikombinasi).

e. Gamma Operation

$$\text{Combination} = (\text{Fuzzy Algebraic Sum})^1 * (\text{Fuzzy Algebraic Product})^{1-1} \quad (8)$$

Keterangan:

1 : adalah parameter yang dipilih retan (0,1)

Fuzzy algebraic sum dan *Fuzzy algebraic product* : perhitungan yang digunakan untuk persamaan masing-masing (3) dan (4).

2.3.4 Validasi Data

Memverifikasi hasil analisis bahaya akan terhadap bencana tanah longsor dengan menggunakan data yang diperoleh untuk menentukan akurasi peta dibuat dengan menggunakan metode Frekuensi Rasio. Klasifikasi dari hasil validasi longsor kemudian dibagi menjadi beberapa nilai sekitar 0,5 – 0,6

termasuk klaim gagal, 0,6 – 0,7 dinyatakan buruk, 0,7 – 0,8 dikatakan cukup, 0,8 – 0,9 dikatakan baik, 0,9 – 1 dikatakan sangat baik (Muchammad Albirru et al., n.d.). Data hasil verifikasi dapat menampilkan nilai prediksi yang akurat berdasarkan wilayah yang menunjukkan tingkat keakuratan dari model prediksi dan dihitung dengan metode perhitungan untuk menganalisis menggunakan *Receiver Operating Characteristic* (ROC) dari perangkat lunak (Fadilah et al., 2019a). Tingkat keberhasilan kurva AUC diperoleh dari data pelatihan dan prediksi juga di hitung dari validasi data ROC (Soma & Kubota, 2017).

2.3.5 Pata Tingkat Kerawanan Tanah Longsor

Pemetaan tingkat kerawanan tanah longsor dilakukan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui metode penggabungan antara titik kejadian longsor dengan kelas-kelas faktor penyebabnya. Proses ini menggunakan *tools* Extract Multi Values to Points pada ArcGIS. Hasil penggabungan tersebut menghasilkan nilai probabilitas Frekuensi Rasio (FR). Interpretasi nilai FR menunjukkan bahwa rasio lebih besar dari 1 menandakan adanya hubungan yang kuat antara kejadian longsor dengan faktor penyebabnya, sedangkan nilai rasio kurang dari 1 menunjukkan hubungan yang lemah (Lee & Lee, 2006).

Dengan mempertimbangkan hasil tersebut, upaya mitigasi bencana menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh tanah longsor. Minimnya sistem peringatan dini serta kurangnya pemahaman masyarakat terhadap kondisi lingkungan tempat tinggalnya sering kali menjadi penyebab tingginya jumlah korban pada setiap peristiwa longsor (Soewandita, 2021). Penerapan teknologi informasi spasial berbasis SIG dapat berperan signifikan dalam mitigasi, khususnya melalui identifikasi serta pengkajian kerawanan longsor.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat kerawanan tanah longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Paremang dengan menggunakan pendekatan metode Frekuensi Rasio dan Fuzzy Logic. Pemanfaatan informasi spasial berbasis SIG diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai tingkat kerawanan tanah longsor, sekaligus menjadi acuan dalam penyusunan strategi mitigasi bencana.