

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerentanan yang cukup tinggi terhadap terjadinya bencana alam karena kondisi geografis, geologis maupun demografisnya (Nugroho dan Nugroho, 2020). Salah satu bencana alam dengan tingkat frekuensi kejadian yang terus meningkat setiap tahunnya adalah tanah longsor. Berdasarkan fenomena bencana sepanjang Tahun 2022 di Indonesia tercatat 2.403 kejadian bencana alam dan bencana tanah longsor menduduki posisi pertama dengan total sebanyak 885 kejadian, terkhusus Provinsi Sulawesi Selatan terdapat 84 kejadian bencana tanah longsor yang tersebar dalam kurun waktu 2019-2022 (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2022).

Tanah longsor diartikan sebagai pergerakan pemindahan massa tanah yang terjadi secara tiba-tiba atau pada waktu tertentu dalam volume besar (Kuncoro, dkk., 2021). Terjadinya tanah longsor dapat dipicu oleh tingginya intensitas curah hujan, perbukitan yang cukup curam dan alih fungsi lahan yang dilakukan manusia sehingga penggunaan tanah tidak sesuai kemampuannya. Hal ini sejalan dengan Arsyad (2010) dalam Nugroho dan Nugroho (2020) mengemukakan bahwa tanah longsor bisa terjadi apabila tiga kondisi berikut terpenuhi: (1) lereng dengan kemiringan yang cukup curam, (2) adanya lapisan tanah yang kedap air dan lunak di bawah permukaan yang berfungsi sebagai bidang luncur, dan (3) keberadaan air yang cukup di dalam tanah, yang menyebabkan lapisan tanah di atas lapisan kedap air menjadi jenuh.

Terdapat beberapa pendekatan yang dikembangkan oleh berbagai peneliti dalam mengurangi kerusakan akibat bencana tanah longsor, salah satunya dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menganalisis serta menyusun peta kerawanan tanah longsor. Pemetaan kerawanan tanah longsor dapat dilakukan dengan metode kuantitatif sebagai Langkah *preventative* mitigasi bencana tanah longsor (Nugroho dan Nugroho, 2020). Beberapa metode kuantitatif yang sering digunakan adalah frekuensi rasio, pohon keputusan, regresi logistic dan *fuzzy logic* (Albiru, dkk., 2023). Frekuensi rasio merupakan salah satu metode yang banyak diterapkan dalam analisis bencana tanah longsor, karena dianggap paling mudah dipahami dan memiliki tingkat akurasi yang relatif tinggi mencapai 82,4% dibandingkan dengan metode lainnya serta mampu menghasilkan prediksi mengenai kemungkinan kejadian tanah longsor di masa depan dengan mempertimbangkan kondisi yang serupa dengan data kejadian tanah longsor yang tercatat pada masa lalu (Pratiwi, 2018). Dengan menggunakan metode frekuensi rasio memungkinkan integrasi data spasial untuk menganalisis pengaruh berbagai parameter terhadap kejadian tanah longsor, serta untuk mengidentifikasi kawasan yang memiliki potensi kerawanan tanah longsor berdasarkan kondisi tersebut.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Suso merupakan daerah yang sering mengalami kejadian bencana tanah longsor. DAS Suso memiliki luas 38.486,5 ha, terletak di tiga

kabupaten, yaitu Kabupaten Enrekang (52,5 ha), Kabupaten Luwu (38.431,8 ha), dan Kabupaten Tana Toraja (2,2 ha). Tercatat pada Tahun 2021 sebanyak 12 desa dan 1 kelurahan di DAS Suso terdampak bencana tanah longsor dan banjir bandang. Bencana tersebut juga telah menyebabkan 4 warga dinyatakan meninggal dunia, 169 jiwa mengungsi, 3.084 jiwa terdampak, dan beberapa prasarana rusak berat (BNPB, 2021). Mengutip berita Pusat Krisis Kesehatan tentang kejadian longsor pada Tahun 2022, terjadi banjir dan longsor akibat intensitas hujan yang tinggi di tiga kecamatan di DAS Suso yaitu Kecamatan Latimojong, Bajo Barat dan Suli. Terdapat lima desa di DAS Suso yang mengalami longsor yaitu pada Desa Kadundung, Tobarru, Pacang, Boneposi dan Desa Ranteballa Kecamatan Latimojong (Maulana, 2023). DAS Suso sering mengalami tanah longsor karena memiliki kondisi dataran tinggi, mempunyai kemiringan lereng yang curam hingga sangat curam, jenis tanah yang mudah runtuh dan curah hujan yang tinggi sehingga menjadi faktor mendukung terhadap terjadinya bencana tanah longsor yang terus meningkat setiap tahunnya (Usman, 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis tingkat kerawanan longsor yang terjadi di DAS Suso dengan menggunakan metode frekuensi rasio. Analisis terapan mengenai kerawanan tanah longsor di DAS Suso, dapat menjadi upaya penanggulangan bencana tanah longsor bagi pemerintah atau instansi terkait. Hal ini juga diharapkan menjadi bahan informasi dan pembelajaran kepada masyarakat serta pemerintah sehingga dapat membantu dalam perencanaan dan pengembangan wilayah DAS Suso.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi sebaran kejadian tanah longsor di DAS Suso dari tahun 2019-2023.
2. Mengetahui jenis longsor dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tanah longsor di DAS Suso
3. Membuat peta tingkat kerawanan tanah longsor di DAS Suso

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan gambaran kepada masyarakat sekitar mengenai kejadian tingkat kerawanan tanah longsor sebagai bentuk upaya mitigasi serta tanggap bencana bagi pemerintah atau instansi terkait yang berhubungan dengan program pengelolaan DAS Suso.

1.3 Teori

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah yang mencakup sumber daya alam, terutama vegetasi, tanah, dan air, yang terdapat dan tersimpan di dalamnya, serta menjadi tempat bagi manusia untuk memanfaatkan sumber daya tersebut dalam memenuhi kebutuhan hidup. Menurut Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 DAS didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan

dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Batas daratan DAS diidentifikasi melalui pemisah topografis, sementara batas laut mencakup wilayah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas di daratan.

Bagian hulu suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) memegang peranan krusial dalam keseluruhan fungsi DAS, karena kelangsungan kualitas air dari hulu hingga hilir sangat dipengaruhi oleh kondisi di bagian hulu tersebut. Konversi lahan di hulu tidak hanya berdampak pada kondisi ekologis setempat, tetapi juga berpengaruh terhadap kualitas air, debit aliran, dan sedimentasi yang akhirnya akan mencapai bagian hilir. Degradasi ekosistem DAS dapat memicu terjadinya berbagai bencana alam, seperti banjir, tanah longsor, dan bencana lainnya..

Tanah longsor atau pergerakan massa tanah merupakan suatu peristiwa geologi yang terjadi akibat pergerakan batuan atau massa tanah dengan berbagai bentuk dan tipe, seperti runtuh batuan atau gumpalan tanah berukuran besar. Faktor utama yang menyebabkan terjadinya tanah longsor meliputi kemiringan lereng yang curam, kondisi tanah yang bervariasi antara padat dan kurang padat, curah hujan yang tinggi, jenis penggunaan lahan, getaran, penumpukan material pada tebing, kejadian tanah longsor sebelumnya, penggundulan hutan, serta kawasan pengolahan sampah. (Yuniarta dkk. 2015; Albirru 2023). Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang menjadi pusat perhatian dalam suatu DAS karena kejadian bencana ini terus meningkat setiap tahun dan dapat merugikan masyarakat baik secara fisik maupun material.

Longsor juga mempunyai berbagai macam jenis yang terjadi. Menurut Haribulan, dkk., (2019) di Indonesia, jenis tanah longsor yang paling dominan terjadi adalah longsor translasi dan rotasi, sementara longsor yang paling sering menyebabkan korban jiwa merupakan jenis longsor aliran bahan rombakan. Beberapa jenis longsor menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007, yaitu :

1. Longsoran Translasi merupakan pergerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang berbentuk datar atau sedikit bergelombang.
2. Longsoran Rotasi, adalah pergerakan massa tanah dan batuan yang terjadi pada bidang gelincir dengan bentuk cekung, yang menyebabkan terjadinya perputaran massa tanah tersebut.
3. Pergerakan Blok adalah pergerakan batuan yang terjadi pada bidang gelincir yang berbentuk rata. Longsoran ini disebut longsoran translasi blok batu.
4. Runtuhan Batu adalah peristiwa jatuhnya sejumlah besar batuan atau material lainnya yang bergerak turun dengan cara bebas, yang umumnya terjadi pada lereng yang terjal atau menggantung.
5. Rayapan Tanah adalah pergerakan tanah yang berlangsung sangat lambat dan hampir tidak terlihat. Gerakan ini dapat menyebabkan perubahan posisi vertikal pada struktur seperti tiang telepon, pohon, atau bangunan yang menjadi miring.
6. Aliran Bahan Rombakan gerakan ini terjadi ketika massa tanah bergerak akibat dorongan air. Kecepatan aliran ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kemiringan lereng, volume dan tekanan air, serta sifat material yang terlibat.

Gerakan ini dapat berlangsung di sepanjang lembah dan mencakup jarak yang signifikan, bahkan mencapai ribuan meter.

Banyak faktor semacam seperti kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim, serta perubahan cuaca, dapat memengaruhi kestabilan lereng dan berpotensi menyebabkan terjadinya longsor. Berikut ini adalah beberapa faktor penyebab terjadinya tanah longsor:

1. Penggunaan lahan / Tutupan lahan

Penggunaan lahan/tutupan lahan memiliki peran penting dalam mengendalikan tanah longsor, dianggap sebagai faktor krusial setelah kemiringan lereng karena disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti deforestasi, yang secara signifikan memengaruhi stabilitas lereng. (Mohan, dkk., 2011). Menurut Arsyad, dkk. (2018), Kurangnya tutupan lahan dan vegetasi menyebabkan berkurangnya peran akar dalam mengikat tanah, sehingga tanah lebih rentan mengalami retakan selama musim kemarau dan ketika musim hujan tiba air akan meresap melalui retakan tersebut yang membuat lapisan tanah menjadi jenuh air sehingga pada akhirnya memicu terjadinya longsor. Akhsar (2014), menyatakan Tanah longsor sering kali terjadi di area dengan tata guna lahan berupa persawahan, perladangan, serta di lereng curam yang memiliki genangan air..

2. Kemiringan lereng

Kemiringan lereng memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko terjadinya tanah longsor, semakin curam kemiringan maka semakin tinggi peluang terjadinya longsor. Lereng yang rentan biasanya ditumbuhi vegetasi dengan akar serabut, meskipun vegetasi berupa pohon besar dengan jarak tanam rapat juga dapat meningkatkan risiko karena tergantung pada kondisinya. Namun, tidak semua lahan miring berpotensi longsor, hal ini bergantung pada karakteristik lereng dalam merespons faktor pemicu, terutama curah hujan. (Arsyad, dkk., 2018).

3. Kelengkungan Bumi

Secara teori, kelengkungan didefinisikan sebagai tingkat perubahan gradien lereng atau aspek, yang biasanya diukur dalam arah tertentu (Pourghasemi, dkk., 2012). Kelengkungan permukaan pada suatu titik secara ilmiah didefinisikan sebagai kelengkungan garis yang terbentuk dari interseksi permukaan dengan bidang berorientasi tertentu yang melewati titik tersebut. Karakteristik kelengkungan ini dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama: 1) cekung, ditandai dengan nilai negatif, 2) cembung, ditandai dengan nilai positif, dan 3) datar, ditandai dengan nilai nol (Gholami, dkk., 2019). Parameter ini menjadi salah satu faktor yang memengaruhi terjadinya tanah longsor.

4. Topografi, Geomorfologi, Litologi

Kemiringan dan panjang lereng merupakan dua faktor topografi utama yang paling memengaruhi terjadinya tanah longsor. Faktor lain yang juga berpotensi berkontribusi meliputi konfigurasi, keseragaman, dan orientasi lereng. Semakin curam suatu lereng, semakin tinggi pula potensi terjadinya pergerakan tanah dari atas ke bawah. Hubungan antara litologi dan tanah longsor sangat jelas terlihat, misalnya sedimen tersier yang terdiri dari kombinasi pasir dan lempung memiliki

intensitas longsor tertinggi, diikuti oleh material piroklastik lepas. (Barus, 1999).

5. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor utama yang berperan sebagai pemicu terjadinya tanah longsor. Intensitas curah hujan yang tinggi menjadi determinan dalam memicu longsor pada wilayah dengan kemiringan terjal. Apabila hujan dengan intensitas tinggi berlangsung dalam durasi yang cukup lama (beberapa jam hingga beberapa hari), kemudian disusul oleh hujan deras dalam waktu singkat, potensi longsor akan meningkat secara signifikan. Air hujan yang jatuh pada permukaan tanah terbuka cenderung menyebabkan dispersi partikel tanah, sementara sebagian air akan mengalir di atas permukaan. Besarnya aliran permukaan ini bergantung pada kapasitas infiltrasi tanah, yaitu kemampuan tanah dalam menyerap air. Oleh sebab itu, keberadaan vegetasi sebagai penutup lahan sangat penting untuk mencegah dispersi tanah, dengan cara meningkatkan penyerapan air melalui sistem vegetasi tersebut. (Arsyad, dkk., 2018)

6. Ketinggian

Ketinggian merupakan salah satu faktor yang menentukan kerentanan terhadap tanah longsor. Semakin tinggi suatu lokasi, semakin besar energi tanah yang bergerak ke bawah akibat pengaruh gravitasi. Sejumlah peneliti memanfaatkan ketinggian sebagai parameter dalam mengendalikan potensi longsor. Selain itu, beberapa penelitian juga mengungkapkan bahwa aktivitas longsor dengan karakteristik cekungan tertentu cenderung terjadi pada ketinggian tertentu. (Tazik, dkk., 2014).

7. Jarak dari Patahan

Bentuk patahan ditandai dengan batuan yang retak (Pourghasemi, dkk., 2012). Diskontinuitas pada batuan dan tanah seperti patahan merupakan faktor utama yang memengaruhi terjadinya tanah longsor. Semakin jauh jarak suatu area dari lokasi patahan semakin rendah probabilitas terjadinya tanah longsor di area tersebut. (Gholami, dkk., 2019).

8. Jarak dari Sungai

Secara umum, potensi tanah longsor meningkat dengan berkurangnya jarak ke sungai. Aliran sungai berdampak buruk terhadap stabilitas dari mengikisnya lereng atau bagian bawah material yang mengalami kejenuhan, sehingga hasilnya permukaan air meningkat (Ercanoglu & Gokceoglu, 2004 dalam Tazik, dkk., 2014). Pengaruh aliran dalam mengikis sehingga terjadi erosi dasar sungai dan sisi lereng (lembah) berperan besar dalam mengurangi kestabilan lereng (Barus, 1999).

9. Jarak dari Jalan

Jarak dari jalan adalah salah satu parameter yang mencerminkan aktivitas manusia. Dengan demikian, tanah longsor berpotensi terjadi pada lereng yang bersinggungan dengan jalan. Berdasarkan penelitian terkini, pemotongan lereng

untuk pembangunan jalan raya serta getaran yang ditimbulkan oleh kendaraan dapat memicu terjadinya tanah longsor (Tazik, dkk., 2014).

Tabel 1. Alat dan fungsi alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Laptop yang dilengkapi dengan <i>software</i> SIG, <i>Google Earth Pro</i> , Microsoft Office, dan <i>Statistical Product and Service Solutions</i> (SPSS)	Untuk melakukan analisis data spasial, mengolah dan menyajikan data lapangan
2	Kamera	Untuk mendokumentasikan kegiatan di lapangan
3	Alat tulis	Untuk mencatat hasil pengamatan di lapangan

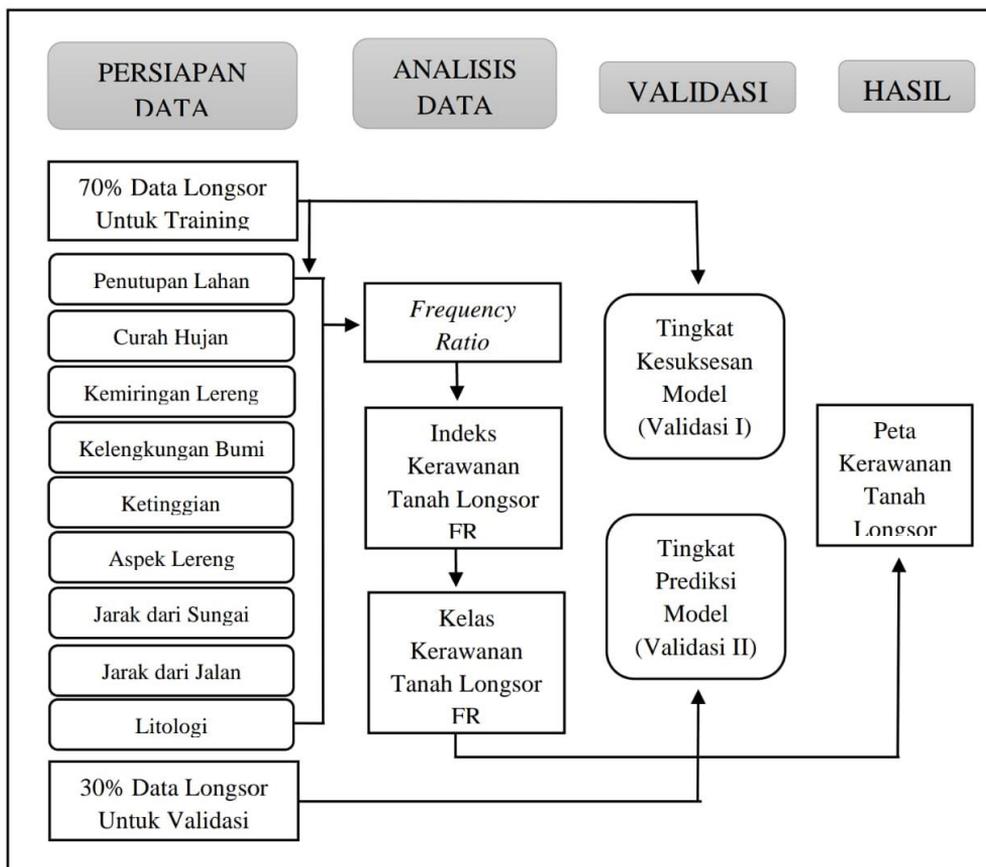
Tabel 2. Bahan, fungsi dan sumber bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan	Fungsi	Sumber
1	Citra <i>time series</i>	Data spasial inventarisasi tanah longsor	<i>Google Earth Pro</i> tahun 2019-2023
2	Citra <i>sentinel 2a</i> tahun 2018	Analisis tutupan lahan	ESA (<i>Europe Space Agency</i>) Copernicus
3	<i>Digital Elevation Model</i> (DEM) Nasional	Data pembangunan faktor kemiringan lereng, kelengkungan bumi, ketinggian, aspek lereng dan jarak dari sungai	Badan Informasi Geospasial
4	Peta Geologi Sesar Indonesia skala 1:250.000	Data faktor litologi	Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia
5	Data spasial curah hujan tahun 2019 -2023	Data pembangun faktor curah hujan	CHRS Data Portal
6	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000	Untuk menentukan batas administrasi, jaringan sungai, dan jaringan jalan pada lokasi penelitian serta pembangun faktor jarak dari jalan	Badan Informasi Geospasial
7	Peta batas DAS Suso	Peta dasar batas lokasi penelitian	SK Menteri LHK Nomor SK.304/MENLHK/PDASHL/DAS.0/7/2018 Tentang Penetapan Peta Daerah Aliran Sungai

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan aplikasi pemetaan dengan membuat data spasial inventarisasi tanah longsor di Google Earth Pro dan data faktor penyebab tanah longsor melalui aplikasi ArcMap 10.4.1. Data tersebut merupakan hal penting dalam menyusun peta kerawanan tanah longsor pada penelitian ini. Secara garis besar, pengumpulan dan pengolahan data penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Tabel 3. Kerangka Penelitian

Inventarisasi Longsor

Inventarisasi tanah longsor didapatkan dengan mengidentifikasi hasil interpretasi citra penginderaan jarak jauh berdasarkan karakteristik spektral, bentuk dan kontras serta didapatkan melalui survei lapangan dengan metode *random sampling* (Karugo, dkk., 2016 dalam Soma dan Kubota, 2017). Inventarisasi tanah longsor dilakukan selama lima Tahun terakhir mulai dari Tahun 2019 sampai 2023 dengan

memanfaatkan citra *time series* dari aplikasi *google earth pro*, file ini disimpan sebagai format (.kml) agar kompatibel dengan ArcMap 10.4.1. Data KML diubah kedalam format raster dengan ukuran 10x10 meter. Data raster digunakan sebagai prasyarat dalam menerapkan metode frekuensi rasio. Dalam konteks ini, resolusi data raster yang diterapkan adalah 10x10 meter, yang dirancang untuk menyelaraskan dengan resolusi citra Sentinel 2a yang digunakan.

Faktor Penyebab Tanah Longsor

Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya tanah longsor yang menjadi parameter dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Penutupan lahan, diperoleh dari citra *sentinel 2a* tahun 2018 resolusi 10 meter pada *platform ESA Copernicus* yang akan dilakukan digitasi terbimbing dengan acuan klasifikasi dari Direktorat Perdirjen Planologi Tahun 2021, hasil digitasi kemudian dilakukan uji akurasi untuk mengetahui perbandingan hasil peta klasifikasi dengan keadaan lapangan menggunakan uji akurasi Kappa dengan bantuan matriks kesalahan (*confussion matrix*)
- 2) Curah hujan, didapatkan dari data titik CHRS untuk menentukan titik stasiun DAS Suso dan data spasial curah hujan dari situs CHRS
- 3) Kemiringan lereng, diperoleh dari hasil Analisa *tools slope* pada ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) Nasional
- 4) Kelengkungan bumi, diperoleh dari hasil Analisa *tools curvature* pada ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan data DEM Nasional
- 5) Ketinggian, diperoleh dari hasil Analisa *tools natural break* pada ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan data DEM Nasional
- 6) Aspek lereng, diperoleh dari hasil Analisa *tools aspect* pada ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan data DEM Nasional
- 7) Jarak dari sungai, diperoleh dari hasil Analisa *tools hydrology* pada ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan data DEM Nasional
- 8) Jarak dari Jalan, diperoleh dari hasil ekstraksi data dari peta jalan pada peta RBI, kemudian diolah menggunakan *tools Euclidean distance* di ArcMap 10.4.1.
- 9) Litologi, didapatkan dari ekstraksi peta geologi yang bersumber dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia.

Pemilihan dari parameter tersebut ditentukan didasarkan pada ketersediaan data. Sejalan dengan pernyataan Soma dan Kubota (2017), bahwa faktor-faktor yang menjadi penyebab tanah longsor dipilih berdasarkan ketersediaan data dan penelitian yang telah ada. Pengolahan seluruh data parameter yang didapatkan dilakukan menggunakan ArcMap 10.4.1. Dari data yang dikumpulkan, kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui korelasi antara faktor penyebab tanah longsor dengan kejadian bencana. Dataset kejadian tanah longsor yang terbentuk akan digunakan 70% data longsor untuk *training* atau melatih model pengklasifikasi *machine learning* dan 30% data longsor untuk validasi data (Grizelda, 2020).

2.3.2 Identifikasi Jenis Longsor

Identifikasi jenis longsor dapat diketahui dengan melihat bentuk dan material di daerah longsor. Kejadian tanah longsor mempunyai berbagai macam jenis dan dapat diidentifikasi dengan cara sebagai berikut (Arsyad, dkk., 2018):

1. Longsor translasi memiliki bidang gelincir yang berbentuk rata atau menggelombang dengan material tanah dan batuan
2. Longsor rotasi memiliki bidang gelincir berbentuk cekung dengan material tanah dan batuan
3. Pergerakan blok terdapat perpindahan blok batu seperti patahan yang terpisah pada bidang gelincir
4. Runtuhan batu terdapat sejumlah besar batuan atau material lain yang bergerak kebawah dengan cara jatuh bebas
5. Rayapan tanah adanya pergeseran tanah secara lambat yang diketahui dengan melihat perubahan bentuk menjadi miring pada material tanah, batuan, tiang listrik, rumah, dan lain sebagainya
6. Aliran bahan rombakan merupakan longsor paling banyak memakan korban jiwa manusia dapat diketahui dengan melihat material longsor yang berasal dari lereng bagian atas yang kemudian meluas pada daerah landai.

2.4 Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan menggunakan metode frekuensi rasio. Frekuensi rasio untuk setiap faktor penyebab dihitung dengan membagi tingkat kejadian longsor dengan rasio luas. Jika rasionya lebih besar dari 1,0 maka hubungan antara longsor dan faktor penyebab dianggap tinggi, sedangkan jika hubungannya kurang dari 1,0 maka hubungan dianggap rendah (Lee dan Lee, 2006; Ramadhan, 2021). Nilai rasio disetiap kelas menunjukkan tingkat hubungan nilai frekuensi rasio yang dihitung dengan rumus (Soma dan Kubota, 2017):

$$FR = \frac{P_{xL} (nm) / \sum P_{xL}}{Pixel (nm) / \sum P_{nX}}$$

Keterangan:

FR = Nilai frekuensi rasio

P_{xL} = Jumlah piksel dengan tanah longsor di dalam kelas n dari parameter m (nm)

Pixel = Jumlah piksel di kelas n dari parameter m (nm)

$\sum P_{xL}$ = Total piksel longsor

$\sum P_{nX}$ = Keseluruhan piksel dari area

Dalam membuat *Landslide Susceptibility Index* (LSI) atau indeks kerawanan tanah longsor, semua faktor penyebab dipetakan dalam bentuk peta raster dari nilai FR kemudian dijumlahkan dengan menggunakan rumus (Soma dan Kubota, 2017).

$$LSI=FR_1+FR_2+FR_3+..+FR_n$$

Dimana FR1 hingga FRn dalam bentuk data raster hasil FR lalu dilakukan kalkulasi terhadap semua faktor FR. Kemudian nilai indeks ini diklasifikasikan menggunakan model *natural breaks* menjadi lima kelas kerentanan tanah longsor yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi yang disajikan dalam peta kerawanan tanah longsor.

2.5 Analisis Peta Kerawanan Tanah Longsor

2.5.1 Validasi Data

Proses validasi data hasil analisis kerawanan tanah longsor dilakukan melalui metode analisis *Receiver Operating Characteristics* (ROC). Metode ini adalah metode untuk mengukur kemampuan klasifikasi dalam menentukan *threshold* dari suatu model statistik berdasarkan kinerjanya (Mathew, dkk., 2014; Nugroho dan Nugroho, 2020). Penentuan *threshold* dapat digambarkan dengan mengetahui luas area dari suatu model atau yang disebut *Area Under Curve* (AUC). Menurut Fadillah, dkk., (2019) hasil validasi memperlihatkan nilai akurasi prediksi berdasarkan AUC melalui analisis ROC dengan menggunakan *software* SPSS. Hasil validasi tanah longsor kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa rentang nilai yaitu nilai berkisar 0,5-0,6 (gagal), 0,6-0,7 (buruk), 0,7-0,8 (cukup), 0,8-0,9 (baik), dan 0,9-1,0 (sangat baik) (Rasyid, dkk., 2016).

2.5.2 Peta Kerawanan Tanah Longsor

Setelah diperoleh nilai hasil dari perhitungan FR dilakukan overlay pada peta tingkat kerawanan tanah longsor yang terdiri atas 5 (lima) kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Klasifikasi ini digunakan untuk menentukan kelas kerawanan tanah longsor menggunakan *tools natural breaks* yang ada pada aplikasi ArcMap 10.4.1.