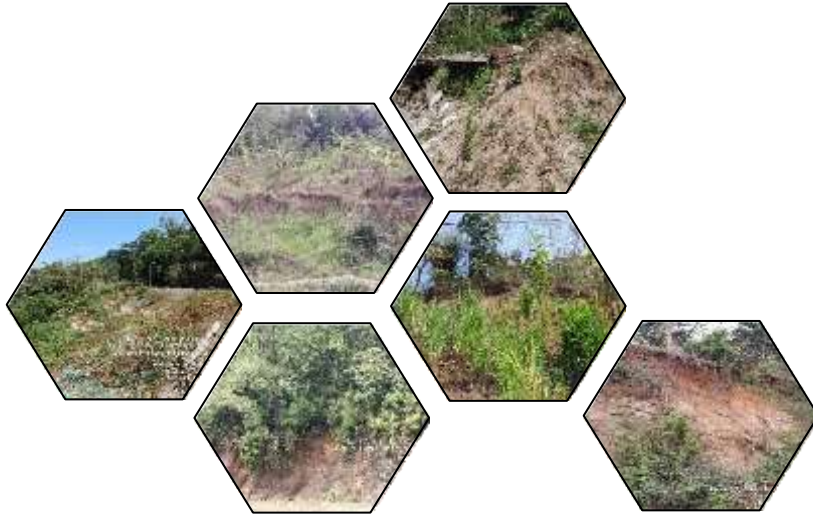


**REGRESI LOGISTIK KERAWANAN BENCANA LONGSOR DI SUB
DAERAH ALIRAN SUNGAI MINRALENG DAERAH ALIRAN
SUNGAI BILA WALANAE**



A.AFIQ ZAKWAN MADANI

M011201165



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**REGRESI LOGISTIK KERAWANAN BENCANA LONGSOR
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI MINRALENG
DAERAH ALIRAN SUNGAI BILA WALANAE**

A.AFIQ ZAKWAN MADANI

M011 20 1165



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**REGRESI LOGISTIK KERAWANAN BENCANA LONGSOR
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI MINRALENG
DAERAH ALIRAN SUNGAI BILA WALANAE**

A.AFIQ ZAKWAN MADANI
M011 20 1165

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Kehutanan

pada

**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**REGRESI LOGISTIK KERAWANAN BENCANA LONGSOR DI SUB
DAERAH ALIRAN SUNGAI MINRALENG DAERAH ALIRAN SUNGAI
BILA WALANAE
SKRIPSI**

A.AFIQ ZAKWAN MADANI

M011201165

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Sarjana S-1 Kehutanan pada Juli 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan pada


Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing Utama



Andina Suryana Soma S.Hut., M.P., Ph.D
NIP 197803252008121002

Pembimbing Pendamping



Munajat Nursaputra S.Hut., M.Sc., IPM,
NIP 199007292020121012

Mengetahui
Ketua Program Studi Kehutanan



Dr. T. Sitti Nurzeni, M. P.
NIP 19580410196512 2 001

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Regresi Logistik Kerawanan Tanah Longsor di Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing utama dan pendamping (Bapak Andang Suryana S.Hut., M.P., Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Bapak Munajat Nursaputra S.Hut., M.Sc., IPM. sebagai pembimbing pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan peraturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 19 Juli 2024



A. AFIQ ZAKWAN MADANI
M011201165

Ucapan Terima Kasih

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Regresi Logistik Kerawanan Bencana Longsor di Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae ”, guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada ibunda tercinta Nindrayati, S.Hut., MP dan ayahanda Dr. Ir. A. Mujetahid M. S.Hut. M.P. IPU. dua orang yang sangat berjasa, telah memberikan motivasi, perhatian, do'a dan dukungan penuh kepada penulis. Kepada saudara-saudaraku A.Tahmid Barokah Ramadhan, SE., A.Mudhoffar Shaddiq Al Falah, SE, MM., M.Sc. dan A. Hanif Tamam Zuhair serta segenap Keluarga Besar terutama Dr. Andi. Nurwanah, SE.Ak. M.Si. CA., CSRS., CSRA., dan Hj. A. Suarni yang telah memberikan motivasi, dukungan, doa serta bantuan selama penyusunan skripsi penulis. Terima kasih atas doa, motivasi dan bentuk bantuan yang telah diberikan, sehingga penulis merasa termotivasi di segala pilihan dan keputusan yang diambil. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kenikmatan yang cukup. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan rasa terima kasih khususnya kepada:

1. Andang Suryana Soma S.Hut., M.P., Ph.D serta Munajat Nursaputra S.Hut., M.Sc., IPM., selaku pembimbing utama dan pendamping yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Wahyuni, S.Hut., M.Hut. dan Mukrimin S.Hut., M.P., Ph.D, selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun guna menyempurnakan skripsi ini.
3. Ketua Program Studi Kehutanan Ibu Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P., Dosen Pembimbing Akademik, seluruh dosen dan tenaga kependidikan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memudahkan penulis selama menempuh pendidikan.
4. Pendamping turun lapangan Bapak Husein dan teman sahabat karib A. Qomar Fitrah yang berperan dalam membantu pengambilan data di lapangan.
5. Terkhusus kepada Kakanda Muh. Dandy Rachmat Ramadhan S.Hut., yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi, Muhammad Fatwa, Albert Aspawa Rappun, Muh. Farhan Tridarma, Abdul Masud Latangge, Muhammad Ghalib, Muhamad Fathan, serta Muhammad Arrayyah, terimakasih atas bantuan dan dukungannya.
6. Teman-teman **IMPERIUM 20**, telah membantu penulis pada saat penelitian serta memberi dukungan dan semangat dalam penyelesaian skripsi.
7. **Kakak-kakak dan teman-teman Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**, yang telah membantu penulis pada saat penelitian serta memberi dukungan dan semangat dalam penyelesaian skripsi.

Semoga Allah AWT, memberikan balasan dengan segala kebaikan dunia dan akhirat atas keikhlasan dan kebaikan semua pihak yang telah diberikan kepada penulis. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya pengembangan untuk ilmu kehutanan. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan ketidak sempurnaan di dalam skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran untuk menyempurnakan dimasa yang akan datang sangat diharapkan.

Penulis,

A.Afiq Zakwan Madani

ABSTRAK

A.Afiq Zakwan Madani (M011201165). **Regresi Logistik Kerawanan Bencana Longsor di Sub DAS Minraleng DAS Bilawalanae** (dibimbing oleh Andang Suryana Soma dan Munajat Nursaputra).

Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami bencana alam, baik gempa bumi, banjir, tsunami, maupun tanah longsor. Badan Nasional Penanggulangan Bencana atau BNPB (2022) menyatakan bahwa 19,8% atau 7.089 kasus dari total semua bencana merupakan bencana tanah longsor yang tersebar hampir disemua pulau besar. Terkhusus di Sulawesi Halaman 2 dari 18 Selatan, BNPB (2022) menyatakan bahwa 14,4% atau 84 kasus merupakan kasus bencana tanah longsor. Korban jiwa akibat bencana ini bervariasi, mulai dari puluhan hingga ratusan orang yang mengungsi sesuai dengan skala kejadiannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kejadian tanah longsor, menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian tanah longsor serta membuat peta kerawanan tanah longsor yang dapat digunakan sebagai upaya mitigasi dan tanggap bencana oleh pemerintahan dan masyarakat setempat, khususnya di Sub DAS Minraleng DAS Bilawalanae. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Logistic Regression (LR) yang dapat menilai efektivitas pembuatan peta kerentanan tanah longsor. Sembilan faktor penyebab tanah longsor (kemiringan lereng, jarak dari sesar, jarak dari sungai, jarak dari jalan, curah hujan, litologi elevasi, kurvatur serta perubahan penutupan lahan) yang memberikan hasil terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LR dengan hasil kerawanan terbaik dengan sepuluh iterasi berada di iterasi 6. Tingkat keberhasilan AUC Succes 0,853, AUC Predictive 0,832, Asymptotic 95% Succes 0,840 – 0,865, Asymptotic 95 % Predictive 0,810 – 0,853. Validasi dengan tanah longsor yang masuk dalam kelas tinggi dan sangat tinggi yaitu 1,23% dan 0,16%. Penelitian ini merekomendasikan masyarakat yang berada di wilayah Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae, terutama yang tinggal di dekat sungai dan daerah dengan kemiringan lereng yang curam hingga sangat curam, disarankan untuk tidak melakukan konversi lahan guna mencegah terjadinya bencana tanah longsor.

Kata Kunci: Regresi Logistik, Kerawanan Bencana, Tanah Longsor, AUC

Indonesia is one of the countries that often experience natural disasters, including earthquakes, floods, tsunamis, and landslides. The National Disaster Management Agency or BNPB (2022) stated that 19.8% or 7,089 cases of the total of all disasters were landslide disasters spread in almost all major islands. Specifically in South Sulawesi, BNPB (2022) stated that 14.4% or 84 cases were cases of landslides. Casualties due to this disaster vary, ranging from tens to hundreds of people displaced according to the scale of the incident. The method used in this research is Logistic Regression (LR) which can assess the effectiveness of landslide susceptibility map making. Nine factors that cause landslides (slope, distance from fault, distance from river, distance from road, rainfall, elevation lithology, curvature and land cover change) gave the best results. The results showed that the LR method with the best vulnerability results with ten iterations was in iteration 6. The

success rate of AUC Succes 0.853, AUC Predictive 0.832, Asymptotic 95% Succes 0.840 - 0.865, Asymptotic 95% Predictive 0.810 - 0.853. Validation with landslides included in the high and very high class are 1.23% and 0.16%. This research recommends that people in the Minraleng Sub Watershed of Bila Walanae Watershed, especially those living near the river and areas with steep to very steep slopes, are advised not to do land conversion to prevent landslides.

Keywords: *Logistic Regression, Disaster Vulnerability, Landslides, AUC*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
BAB II METODE PENELITIAN.....	3
2.1 Tempat dan Waktu	3
2.2 Alat dan Bahan.....	3
2.3 Prosedur Penelitian	4
2.4 Analisis Data.....	10
2.5 Validasi Data	12
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Identifikasi Kejadian Tanah Longsor	13
3.2 Analisis Faktor Kejadian Tanah Longsor.....	15

3.2 Pemetaan Kerawanan Tanah Longsor.....	22
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
4.1 Kesimpulan.....	24
4.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25
LAMPIRAN.....	31

DAFTAR TABEL

No Urut	Halaman
1. Daftar peralatan yang digunakan	3
2. Daftar bahan yang digunakan	4
3. Nilai FR dan normalisasi dengan parameter – parameter penyebab tanah longsor.....	15
4. Nilai koefisien B pada faktor model LR kerawanan tanah longsor	17
5. Nilai kurva AUC hasil validasi ROC pada permodelan tanah longsor	20
6. Luasan LSM tanah longsor dengan menggunakan LR.....	23

DAFTAR GAMBAR

No Urut	Halaman
1. Peta lokasi penelitian	3
2. Bagan alur penelitian.....	5
3. Faktor penyebab terjadinya tanah longsor	6
4. Sebaran kejadian tanah longsor Tahun 2018 - 2022	13
5. Pengamatan hasil identifikasi tanah longsor	14
6. Peta kerawanan tanah longsor pada 10 kali percobaan	20
7. Kurva <i>AUC Succes</i>	21
8. Kurva <i>AUC Predictive</i>	21
9. Peta kerawanan tanah longsor di Sub DAS Minraleng DAS Bilawalanae	25

DAFTAR LAMPIRAN

No Urut	Halaman
1. Peta curah hujan	31
2. Peta kemiringan lereng	31
3. Peta elevasi.....	32
4. Peta kurvatur	32
5. Peta penutupan lahan	33
6. Peta litologi.....	33
7. Peta jarak dari sungai... ..	34
8. Peta jarak dari jalan.....	34
9. Peta jarak dari patahan	35
10. Peta sebaran dan pembagian data kejadian tanah longsor	35
11. Dokumentasi turun lapangan	36

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami bencana alam, baik gempa bumi, banjir, tsunami, maupun tanah longsor. Badan Nasional Penanggulangan Bencana atau BNPB (2022) menyatakan bahwa 19,8% atau 7.089 kasus dari total semua bencana merupakan bencana tanah longsor yang tersebar hampir di semua pulau besar. Terkhusus di Sulawesi Selatan, BNPB (2022) menyatakan bahwa 14,4% atau 84 kasus merupakan kasus bencana tanah longsor. Penduduk yang menjadi korban jiwa jumlahnya bervariasi dari puluhan sampai ratusan orang termasuk yang mengungsi sesuai dengan skala kejadiannya. Tanah longsor diartikan sebagai pergerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan/atau batuan penyusun lereng. Tanah longsor dapat terjadi karena litologi serta faktor meteorologi (Kurniawan, 2019). Hal ini disebabkan lemahnya ketahanan antar lapisan tanah untuk menahan gaya penggerak struktur tanah.

Pergerakan tanah merupakan hasil fenomena dinamika alam menuju kondisi baru akibat gangguan ketidakseimbangan alam maupun perbuatan manusia. Pergerakan tanah menyebabkan terganggunya jalur lalu lintas, tanah menjadi tidak subur, kerusakan lahan pertanian dan permukiman, saluran irigasi, serta prasarana fisik lainnya. Hal ini diperkuat oleh Murzani (2014) bahwa faktor penyebab terjadinya tanah longsor dibedakan menjadi dua golongan, yaitu faktor penyebab dan faktor pemicunya. Faktor penyebabnya antara lain kemiringan lereng jenis batuan, jenis tanah, curah hujan yang tinggi, aktivitas seismik seperti letusan gunung berapi, dan gempa bumi (Nugraha dan Adi 2021). Sedangkan faktor pemicunya pada kegiatan masyarakat diantaranya, penebangan hutan, penggerukan tanah, dan perubahan tata guna lahan yang dapat mengganggu pada keseimbangan lereng (Firdaus & Yuliani, 2021). Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang terdiri atas sungai dan anak sungai. Cekungan sungai mempunyai fungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan secara alami ke danau ataupun sungai (UU RI No. 17/2019). Akan tetapi, Ketika fungsinya tidak sesuai maka akan menyebabkan terjadinya tanah longsor (Nugraha dan Adi 2021).

Ketika terjadi tanah longsor, material tanah dan juga batuan akan bergerak dengan cepat dan mengalir ke sungai di DAS. Hal ini dapat menyebabkan berbagai dampak negatif seperti sedimentasi, kerusakan lingkungan, dan hilangnya kehidupan manusia serta hewan. Selain itu, tanah longsor merupakan penyebab terjadi penyempitan pada sungai ataupun sungai tertutup oleh material longsor. Material tersebut akan menyebabkan sungai meluap dan menimbulkan banjir. Sub DAS Minraleng merupakan bagian hulu DAS Bilawalanae yang memiliki luas wilayah 50.957 ha (Buku Laporan Rapat Mingguan DAS Bila Walanae, 2019). Peristiwa bencana tanah longsor terjadi di Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros (2022) termasuk dalam wilayah Sub DAS Minraleng menimbulkan kerugian material dan korban jiwa baik menghilang, meninggal dunia, dan luka – luka. Bencana tersebut

merupakan salah satu fenomena yang dapat terjadi setiap saat di Sub DAS Minraleng sehingga menimbulkan risiko ataupun bahaya terhadap lingkungan dan manusia. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan kondisi DAS dan juga upaya pencegahan terjadinya bencana tanah longsor. Beberapa cara pencegahan bencana tanah longsor di antaranya penghijauan pada lahan, pengendalian erosi, dan pengaturan tata air. Dengan demikian, pencegahan tersebut dapat membantu mengurangi risiko bencana tanah longsor serta dampak negatif yang dapat ditimbulkannya pada DAS dan masyarakat yang berada di sekitarnya (Hardiyatmo, 2006). Namun, upaya ini, perlu adanya perencanaan keruangan dalam pencegahan terhadap kerawanan tanah longsor. Perencanaan keruangan ini dimaksudkan sebagai penilaian lahan dalam kerawanan tanah longsor.

Penelitian ini menggunakan metode statistik Logistic Regression (LR) dalam membuat peta permodelan kerawanan tanah longsor. Penutupan lahan (Gorsevski dkk., 2006), litologi (Regmi dkk., 2010), kemiringan lereng (Lee, 2005; Yalcin, 2005), curah hujan (Suzan dan Doyuran, 2004; Komac, 2006), kedekatan dengan beberapa fitur DAS seperti jarak dari sungai, patahan serta jalan (Ayalew dan Yamagishi, 2005; Yalcin, 2005) merupakan parameter yang paling penting dalam permodelan kerawanan tanah longsor (LSM). Metode tersebut akan menggunakan Geographic information system (GIS) yang merupakan alat yang paling penting dalam mengelola serta memanipulasi data spasial dengan model yang tepat untuk memetakan pada kerentanan model statistik dari model statistik FR (Lee dan Sambath 2006; Krosvavi, dkk. 2016) ke model statistik LR (Ayalew dan Yamagishi 2005) yang telah baik digunakan dalam memetakan kerawanan tanah longsor, karena variabilitas alami dari parameter yang ada, pendekatan statistik dan probalilistik lebih diminati (Zhu dan Huang 2006). Berdasarkan hal diatas sehingga dianggap perlu untuk meneliti kerawanan tanah longsor dengan metode LR.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian diantaranya sebagai berikut

1. Mengidentifikasi kejadian tanah longsor pada periode Tahun 2018 - 2022 di Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae.
2. Menganalisis faktor yang berpengaruh pada kejadian tanah longsor di Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae.
3. Membuat peta kerawanan tanah longsor di Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae.

Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu diharapkan mampu memberikan informasi mengenai pemodelan kerawanan tanah longsor sebagai bentuk upaya mitigasi serta tanggap bencana bagi pemerintah setempat termasuk juga kepada masyarakat daerah terkhusus pada wilayah Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama delapan bulan mulai dari bulan Oktober 2023 sampai Mei 2024 di Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae. Secara administratif, Sub DAS Minraleng DAS Bila Walanae termasuk dalam wilayah Kabupaten Maros (Kecamatan Mallawa, Cenrana dan Camba) dan Kabupaten Bone (Kecamatan Libureng dan Bontocani) Provinsi Sulawesi Selatan. Secara spasial lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 1. Daftar peralatan yang Digunakan

No	Alat	Jenis/Tipe	Kegunaan
1	Perangkat Lunak GIS	ArcGIS	Analisis spasial dan pemodelan
		Google Earth Pro	Inventarisasi kejadian tanah longsor
2	Perangkat Lunak Statistik	SPSS 20.0	Analisis statistik LR, dan Uji akurasi ROC
		MS.Excel 2016	Analisis statistik FR
3	Global position system (GPS)	Garmin 74 S	Pengambilan titik <i>ground truth</i> kejadian tanah longsor
4	Alat tulis menulis		Catatan penelitian
5	Laptop	Asus Vivobook core i5 RAM 8 gb	Pengelolaan data (analisis dan pemodelan)

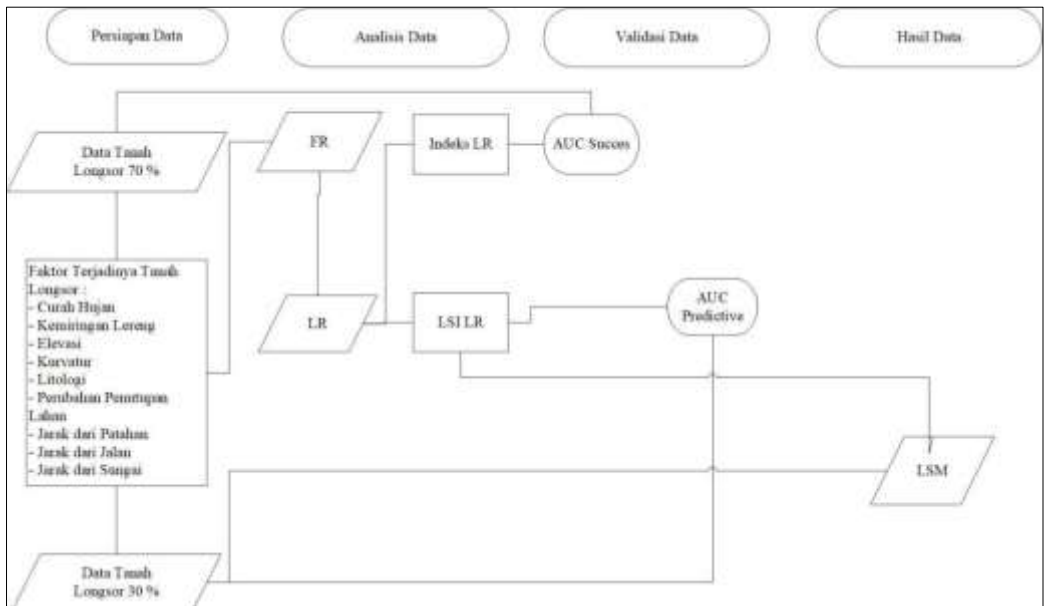
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 2. Daftar bahan yang Digunakan

No	Bahan	Tipe/Skala	Sumber	Kegunaan
1	DEM Nasional Tahun 2008	Raster (resolusi spasial 0,27 arcsecond 8x8 m)	BIG (Badan Informasi Geospasial)	Deliniasi Batas Sub DAS Minraleng untuk menghasilkan data kelas lereng, kurvatur, dan elevasi.
2	Multi <i>Image time series</i> dari <i>Google Earth Pro</i> Tahun 2018 - 2022	Raster	<i>Google Earth Pro</i>	Inventarisasi kejadian tanah longsor
3	Citra <i>Sentinel 2A</i> tanggal 10 oktober 2022	Raster (Resolusi piksel 10x10 m)	<i>Copernicus Open Access Hub</i>	Menghasilkan tutupan lahan Tahun 2022 dan Tahun 2018 dari proses interpretasi
4	Peta Geologi Indonesia	Vektor (1:250.000)	Badan Pusat Geologi (PSG)	Sebagai variabel litologi dan sesar
5	Peta Rupa Bumi Tahun 2022	Vektor (1:50.000)	BIG (Badan Informasi Geospasial)	Sebagai variabel batas administrasi, jarak jalan maupun sungai
6	Data Spasial curah hujan PERSIANN-CSS Tahun 2018 - 2022	Data Vektor	CHRS	Sebagai variabel curah hujan

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki empat tahap proses yaitu persiapan, analisis, validasi serta hasil data. Adapun bagan alur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bagan alur penelitian

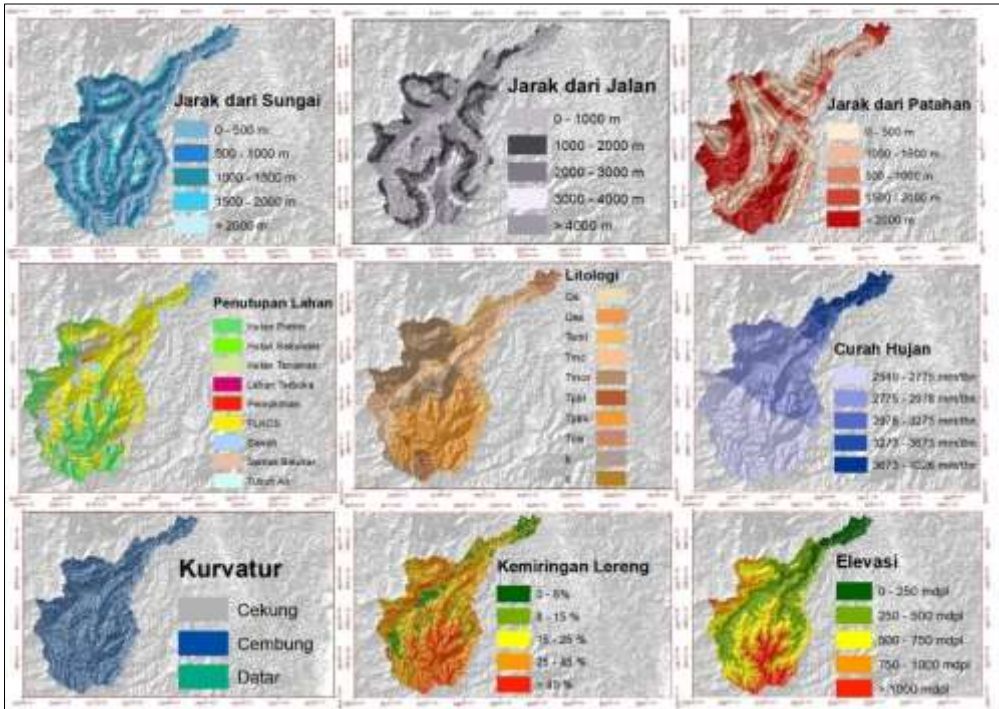
2.3.1 Mengidentifikasi Kerawanan Tanah Longsor

Identifikasi tanah longsor merupakan proses pengumpulan data dan informasi mengenai tanah longsor yang pernah terjadi pada suatu wilayah ataupun kawasan tertentu (Agustina, 2020). Tujuan dari inventarisasi ini adalah memahami pola, penyebab dan dampak tanah longsor, serta merencanakan mitigasi dan pemulihan yang efektif. Data identifikasi tanah longsor diintegrasikan secara spasial pada perangkat lunak ArcGIS 10.4.1 serta digunakan sebagai basis data utama dalam penelitian ini. Menurut Soma dan Kubota (2017), identifikasi tanah longsor melalui foto udara ataupun interpretasi citra didasarkan pada ciri-ciri spektral, bentuk serta kontras. Dalam penelitian ini, penggunaan data spasial untuk interpretasi citra tanah longsor menggunakan *Multi Image Google Earth Pro*. Hasil pengujian akan divalidasi dengan *ground truth* lapangan. Data identifikasi kejadian tanah longsor dalam penelitian ini dimuat dalam bentuk raster dengan ukuran piksel 10 x 10 m yang akan menyesuaikan antara titik lokasi tanah longsor dengan kurun waktu 5 tahun terakhir (Soma, 2018). Data inventarisasi tanah longsor menggunakan data tahun 2018 – 2022.

2.3.2 Faktor Penyebab 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. Adapun faktor penyebab kerawanan tanah longsor (Fitria, dkk. 2012). Dapat lihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. 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. Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam milimeter atau inci, tetapi di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan milimeter (mm). Curah hujan dalam satu milimeter mengacu pada luas satu meter persegi pada suatu lokasi yang datar dapat menampung satu mm air ataupun satu liter (Soewarno, 2015). Curah Hujan dan juga intensitasnya berperan penting dalam memicu terjadinya tanah longsor tergantung pada faktor iklim, topografi, geologi, dan kemiringan lereng. (Lydia dan Daniel 2002). Analisis probabilitas curah hujan menunjukkan bahwa kejadian hujan lebat lebat akan lebih sering terjadi. Oleh karena itu, penting untuk memperkirakan kemungkinan kerawanan bencana tanah longsor yang terkait dengan curah hujan yang lebih tinggi (Virmani dkk., 1982). Data curah hujan diperoleh CHRS yang diunduh pada laman situs <https://chrsdata.eng.uci.edu/>. Pengunduhan data disesuaikan dengan titik stasiun dapat menggambarkan *downscaling* data luaran curah hujan. 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 (Wang dkk., 2020). Data curah hujan yang digunakan adalah data tahun 2018 - 2022 Adapun peta curah hujan dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng merujuk pada ciri-ciri fisik suatu kelas lereng atau kawasan yang dapat mempengaruhi ekosistem hutan dan aliran air dalam suatu DAS. Kemiringan lereng dapat mempengaruhi stabilitas relatif antara lapisan kerak bumi dan hal ini menentukan mekanisme deformasi ataupun retakan yang membuat kemiringan lereng menjadi tidak stabil (Zhao dan Niu, 2010). Kemiringan lereng menunjukkan besar kecilnya lereng tersebut ke bidang yang dinyatakan dalam derajat atau persen (Lesmana, dkk. 2021). Setiap daerah mempunyai kemiringan lereng yang berbeda- beda. Data kemiringan lereng ini berasal dari data DEMNAS. Data ini diolah di *ArcGIS* 10.4.1 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). Adapun peta kemiringan lereng dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. Elevasi

Elevasi berkontribusi terhadap terjadinya tanah longsor karena parameter kemiringan lereng yang bervariasi menurut ketinggian tempat, begitu pula tutupan lahan, iklim, dan aktivitas manusia. Elevasi tersebut bervariasi pada setiap daerah dan merupakan faktor yang sangat efektif yang menyebabkan terjadinya tanah longsor (Hosseinzadeh, dkk. 2009). Elevasi dapat menggantikan energi potensial dimana kelas elevasi ini, sangat besar pengaruhnya terhadap terjadinya tanah longsor (Pourghasemi, H.R., dkk. 2018). Semakin tinggi elevasi, semakin tinggi pula potensi energi tanah longsor (Süzen dan doyuran, 2004). Data elevasi diperoleh dari data DEMNAS. Pengelolaan data elevasi pada *software ArcGIS* 10.4.1 dengan klasifikasi data 0 – 250 m, 250 – 500 m, 500 – 750 m, 750 – 1.000 m, > 1.000 m. Adapun peta elevasi dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. Kurvatur

Kurvatur merupakan konsep yang digunakan untuk menggambarkan sejauh mana suatu lereng tertentu bengkok atau melengkung, serta sejauh mana kemiringan tersebut menyimpang dari bentuk datar atau lurus. Kelengkungan merupakan istilah yang mencakup bentuk permukaan atau topografi suatu wilayah dalam analisis topografi dan geomorfologi. Kelengkungan medan dapat menunjukkan apakah suatu lereng melengkung ke atas (cembung) atau ke bawah (cekung) dan perbedaan permukaannya dari bentuk datar atau lurus. Hubungan tanah longsor dengan kurvatur terdapat pada kecepatan aliran yang

melintasi permukaan kemiringan lereng. Hal ini karena setelah hujan lebat, lereng yang cekung menampung (Lee dan Sambat, 2006). Pembuatan data kurvatur dihasilkan dari data DEMNAS yang diolah pada *software ArcGIS 10.4.1* dengan klasifikasi data cembung, cekung serta datar (Yalcin, 2005). Adapun peta kurvatur dapat dilihat pada Lampiran 4.

5. Litologi

Kondisi litologi sangat berpengaruh terhadap ketidakstabilan lereng dan kejadian longsor. Di sisi lain, batuan yang lebih kuat memberikan lebih banyak resistensi terhadap gaya pendorong dibandingkan dengan batuan yang lebih lemah, dan karenanya lebih tidak rentan terhadap longsor dan sebaliknya (Dibiyosaputro, 2001; Yalcin, 2008). 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-struktur yang berbeda harus dianalisis (Abedni dan Taibi, 2018). Peta litologi diperoleh dengan mengekstraksi data peta geologi yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia Tahun 2021. Adapun peta litologi dapat dilihat pada Lampiran 6.

6. Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan merupakan gambaran relatif tutupan lahan suatu wilayah atau lokasi di permukaan bumi (Lambin, dkk. 2001). Hal ini diperkuat oleh Dewi (2011) bahwa tutupan lahan cenderung didasarkan pada jenis vegetasi di lahan tersebut, sedangkan penggunaan lahan didasarkan pada aktivitas manusia (Hardjowigeno dan Widiatmaka, 2001). 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 (Fithria, 2012). Pengelolaan data tutupan lahan yang diperoleh dari Citra Sentinel 2A Tahun 2018 dan 2022 pada *platform Copernicus Open Access Hub*, selanjutnya diolah melalui digitasi di *ArcGIS 10.4.1*. 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. Pemeriksaan akurasi komparatif ini didukung dengan matriks konfusi untuk mengetahui tingkat kesalahan pemindaian gambar (data prediksi) dan perbandingan dengan data lapangan (data aktual) (Firdaus & Yuliani, 2021). Adapun peta penutupan lahan dapat dilihat pada Lampiran 5.

7. Jarak dari Patahan

Jarak dari patahan merupakan model seismik dan risiko yang terkait dengan aktivitas patahan. Ketika tanah longsor terjadi, patahan dapat berperan sebagai penguat di lereng bukit (Arabameri dkk., 2015). Jarak dari patahan yang aktif

memiliki pengaruh penting terhadap terjadinya tanah longsor. Diskontinuitas geologis ini mengurangi kapasitas geser lereng dan menjadi tanah longsor (Abedeni dan Taibi, 2018). Peta jarak patahan diperoleh melalui ekstraksi data dari peta geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia. Pengelolaan data jarak patahan dilakukan dengan menggunakan alat *Euclidean Distance*. Hasil yang diperoleh meliputi 5 kelas jarak patahan yaitu 0 – 500 m, 500 – 1.000 m, 1.000 – 1.500 m, 1.500 – 2.000 m dan > 2.000 m. Adapun peta jarak dari patahan dapat dilihat pada Lampiran 9.

8. 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. Semakin jauh suatu area dari sungai maka peluang terjadinya tanah longsor semakin kecil dibanding yang dekat dengan sungai, demikian juga sebaliknya semakin dekat dengan lokasi tanah longsor maka semakin tinggi potensi terkena tanah longsor terutama jika sungai tersebut rentan terhadap tutupan lahan (Agustina dkk. 2020). 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 (Wang dkk., 2020). Adapun peta jarak dari sungai dapat dilihat pada Lampiran 7.

9. Jarak dari Jalan

Jarak dari jalan merupakan jarak garis lurus digunakan dalam mengukur variabel yang dapat mempengaruhi kecenderungan terjadinya tanah longsor. tanah longsor yang mempengaruhi jalan biasanya merupakan fenomena lokal, akan tetapi menyebar yang dapat berinteraksi dengan curah hujan ekstrem (Spizzichino dkk. 2010; Krauter dkk. 2012). Ketergantungannya pada curah hujan ekstrem dan anomali, tanah longsor tingkat bahaya dan kerentanan akan berpotensi kerusakan pengoperasian jalan yang aman dan efisien (*World Road Association* 2015). Khususnya pada transportasi jalan diketahui terdampak terjadinya tanah longsor, baik secara langsung maupun tidak langsung (Klose dkk. 2015). 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 jalan diantaranya 0 – 1.000 m,

1.000 – 2.000 m, 2.000 – 3.000 m, 3.000 – 4.000 m, dan >4.000 m. Adapun peta jarak dari jalan dapat dilihat pada Lampiran 8.

2.4 Analisis Data

2.4.1 Frekuensi Rasio (FR)

Model statistik FR merupakan salah satu metode probabilistik untuk memetakan kerentanan tanah longsor. Berdasarkan hubungan yang diamati antara sebaran tanah longsor dan setiap faktor yang terkait dengan tanah longsor. Sederhananya, FR adalah rasio wilayah studi yang terkena bencana longsor terhadap seluruh wilayah studi. Rasio ini juga merupakan perbandingan antara peluang terjadinya tanah longsor dengan peluang tidak terjadinya tanah longsor untuk atribut tertentu (Lee dan Talib 2005). Model ini merupakan model yang lengkap karena mencakup lebih banyak variabel independen yang berperan penting dalam menentukan variabel dependen (Dai dan Lee 2002; Abedini et al. 2017). Menurut Soma dkk., (2018) bahwa FR dijadikan sebagai *numeric base* sebagai uji statistik pada permodelan statistik LR. Adapun persamaan rumus FR sebagai berikut ini.

$$FR = \frac{Pxcl/\sum Pnxl}{Pixel/\sum Pnx}$$

Dimana :

$Pxcl$: jumlah *Pixel* longsor kelas n dalam faktor kejadian dari parameter m.

$Pixel$: jumlah *Pixel* kelas n dari parameter m.

$\sum Pnxl$: total *Pixel* longsor dari parameter m.

$\sum Pnx$: keseluruhan *Pixel* dari area kajian.

Berdasarkan hasil perhitungan, selanjutnya dilakukan normalisasi nilai sesuai dengan rentan nilai input pada metode LR. Menurut Pourghasemi dkk (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. Nilai normalisasi tersebut didasarkan pada nilai tertinggi pada keseluruhan parameter dengan persamaan rumus N sebagai berikut (Grizelda, 2020)

$$N_{FR} = \frac{X_{FR}}{MAX_{FR}}$$

Dimana :

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.

2.4.2 Regresi Logistik (RL)

Regresi logistik memungkinkan membangun hubungan regresi multivariat antara variabel terikat dan beberapa variabel bebas. Variabel terikatnya bersifat dikotomis, sedangkan variabel bebasnya dapat bersifat interval, dikotomis, ataupun regitokal. Dalam situasi ini, variabel terikatnya merupakan variabel biner yang merepresentasikan ada tidaknya tanah longsor (Ayalew dan Yamagishi 2005). Model logistik dapat dinyatakan dalam bentuk paling sederhana sebagai berikut (Soma dan Kubota, 2017).

$$P = \frac{1}{(1 + \exp^{-z})}$$

Di mana :

P : probabilitas terjadinya suatu kejadian (tanah longsor), yang bervariasi dari 0 sampai 1 pada kurva berbentuk s.

Terakhir, kumpulan data akan digunakan dalam analisis regresi logistik dan nilai β_0, \dots, β_n dapat diperoleh, yang dapat digunakan untuk menghitung nilai Z (sun, dkk. 2018). Z didefinisikan sebagai persamaan berikut (model logistik linier), dan nilainya bervariasi dari $-\infty$ dari ∞

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots \dots + \beta_n X_n$$

$$LSI = \frac{1}{1 + \exp^{-z}}$$

Di mana :

Z : faktor kausatif pada kerawanan tanah longsor

β ($\beta=1; 2; \dots; n$) : kombinasi linier pada kausatif faktor

$X_1; X_2; \dots; X_n$: koefisien regresi logistic yang mewakili variabel independen

Model regresi logistik melibatkan persamaan yang sesuai dengan data serta menyatakan probabilitas ada/tidaknya tanah longsor di setiap unit pemetaan. Kontribusi relatif setiap unit pemetaan terhadap fungsi logistik dapat diperoleh dengan melihat signifikansi setiap parameter regresi. Analisis regresi logistik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS. Perangkat lunak SPSS. Pertama, semua faktor pengkondisian dan tanah longsor dikonversi ke dalam format grid. Kemudian, peta grid ini dikonversi ke dalam format data ACSII (*American Standard Code for Information Interchange*). Data ASCII dari setiap peta tersebut diekspor ke SPSS, dan kemudian model regresi logistik dijalankan untuk mendapatkan koefisien dari faktor pengkondisian tanah longsor (Mathew, dkk. 2009).

Tahapan ini akan melewati 10 kali pengujian ataupun iterasi dan diuji untuk mendapatkan hasil validasi yang terbaik (Ayalew dan Yamagishi 2005).

2.5 Validasi Data

Mengukur kinerja algoritma pemodelan merupakan langkah penting dalam semua peramalan berbasis model, termasuk pemetaan kerentanan tanah longsor (LSM) (Pourghasemi, H.R., dkk. 2018). ROC digunakan untuk mengevaluasi kinerja algoritma. ROC memplot sensitivitas (*true ratio positive*) terhadap spesifisitas -1 (*false ratio negative*) dengan ambang batas yang berbeda. Hal ini diperlukan untuk memastikan keakuratan model regresi logistik. Analisis kurva karakteristik operasi penerima (ROC) digunakan untuk mengevaluasi kemampuan prediksi model regresi logistik. Kurva ROC diplot dengan tingkat positif palsu (sensitivitas) karena AUC dari diagonal probabilitas adalah 0,5. Semakin besar diagonal maka semakin tinggi nilai AUC dan semakin akurat prediksinya. Untuk setiap pengujian prediksi, nilai AUC berkisar antara 0,5 hingga 1. Luas kurva ROC sering digunakan sebagai standar untuk mengevaluasi kualitas suatu model sensitivitas (Wang dkk. 2017). Adapun indeks dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$AUC = \sum TP + \sum \frac{TN}{P + N}$$

Dimana :

- TP (*true positive*) : jumlah kejadian tanah longsor yang diprediksi dengan benar
 TN (*true negative*) : jumlah tidak kejadian tanah longsor yang diprediksi dengan benar

Area di bawah kurva, yang disebut AUC, digunakan untuk mengevaluasi kinerja model yang dianalisis (Sahin dkk., 2020). Kurva perubahan laju dibuat dengan LSI sebagai sumbu X dan persentase longsor kumulatif sebagai sumbu Y (Nusantara dan Setianto, 2015). Kemudian klasifikasi hasil konfirmasi longsor dikelompokkan menjadi beberapa rentang nilai yaitu 0,5 – 0,6 dinyatakan gagal, 0,6 – 0,7 dinyatakan gagal buruk, 0,7 – 0,8 dinyatakan memadai, 0,8 – 0,9 dinyatakan baik dan 0,9 – 1 dianggap sangat baik (Rasyid dkk., 2016).