

## Identifikasi bencana tanah longsor menggunakan data citra dan InaRISK: Studi kasus Kecamatan Walenrang Barat, Luwu

Selvi Sewang<sup>1</sup>, Muh. Said L<sup>1</sup>, Kurniati Abidin<sup>1</sup>, Amirin Kusmiran<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92113

\*E-mail: [amirin.kusmiran@uin-alauddin.ac.id](mailto:amirin.kusmiran@uin-alauddin.ac.id)

**Abstrak:** Walenrang Barat dikategorikan sebagai wilayah rawan tanah longsor yang disebabkan oleh kondisi batuan dan lereng gunung yang tidak kompak serta mudah mengalami degradasi atau lebih mudah menyebabkan pergerakan tanah. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis potensi tanah longsor di lokasi penelitian dan untuk mengetahui luasan potensi tanah longsor menggunakan *software* ArcGis, metode logika fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah yang berisiko longsor berdasarkan analisis metode logika fuzzy yaitu tingkat kerawanan paling luas berada di Desa Ilan Batu sebesar 6127,16 ha (25,32%) dan Desa Ilan Batu Uru 5968,57 ha (24,67%), kelas sedang berada di Desa Lewandi sebesar 3569,92 ha (14,75%), Desa Lempe Pasang sebesar 3391,87 ha (14,02%) dan Desa Lempe sebesar 3148,63 ha (13,01%), sedangkan rendah pada Desa Lamasi Hulu sebesar 1989,89 ha (8,22%). Sedangkan jika dilihat dari metode InaRISK BNPB, bahwa Desa Ilan Batu sebesar 6184,74 ha (23,82%) dan Ilan Batu Uru 6014,95 ha (23,16%), tingkat sedang berada di Lempe Pasang 4885,85 ha (18,82%), Desa Lewandi sebesar 3636,57 ha (14,01%) dan Desa Lempe sebesar 3222,55 (12,41%), sedangkan tingkat rendah berada di Desa Lamasi Hulu sebesar 2021,25 ha (7,78%). Setiap data memiliki hasil persentase yang berbeda untuk tingkat risiko tanah longsor. Kecamatan Walenrang Barat termasuk daerah yang sedang terjadi tanah longsor dikarenakan wilayah tersebut memiliki kemiringan lereng yang tinggi serta curah hujan yang cukup tinggi dan jenis tanah yang peka terhadap bencana tanah longsor.

**Kata Kunci:** ArcGIS, InaRISK, logika fuzzy, longsor, mitigasi bencana

**Abstract:** West Walenrang is categorized as a landslide-prone area caused by rock conditions and mountain slopes that are not compact, easily degraded, or more easily cause land movement. Therefore, this study was conducted to analyze the potential for landslides at the research location and to determine the area of potential landslides using ArcGis software and the fuzzy logic method. The results of the study showed that the areas at risk of landslides based on the fuzzy logic method, namely the widest level of vulnerability, are in Ilan Batu Village with 6127.16 ha (25.32%) and Ilan Batu Uru Village with 5968.57 ha (24.67%). The medium class is in Lewandi Village with 3569.92 ha (14.75%), Lempe Pasang Village with 3391.87 ha (14.02%), and Lempe Village with 3148.63 ha (13.01%), whereas it is low in Lamasi Hulu Village with 1989.89 ha (8.22%). Meanwhile, if viewed from the BNPB Inarisk method, Ilan Batu Village is 6184.74 ha (23.82%) and Ilan Batu Uru 6014.95 ha (23.16%), the moderate level is in Lempe Pasang 4885.85 ha (18.82%), Lewandi Village is 3636.57 ha (14.01%) and Lempe Village is 3222.55 (12.41%), while the low level is in Lamasi Hulu Village of 2021.25 ha (7.78%). Each data point has a different percentage result for the landslide risk level. Walenrang Barat District is an area where landslides are occurring because the area has a high slope gradient and quite high rainfall and soil types that are sensitive to landslides.

**Keywords:** ArcGIS, InaRISK, fuzzy logic, landslide, disaster mitigation

## PENDAHULUAN

**W**alenrang Barat merupakan wilayah kecamatan yang terletak di Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan, Indonesia. Pada daerah tersebut dikategorikan sebagai wilayah rawan tanah longsor. Penyebab terjadinya tanah longsor pada wilayah tersebut karena kondisi batuan dan lereng gunung yang tidak kompak serta mudah mengalami degradasi atau lebih mudah menyebabkan pergerakan tanah. Selain itu, hal ini juga diperburuk dengan curah hujan yang tinggi pada saat musim penghujan (Riyas, 2021). Kondisi topografi dan bentuk morfologi berbukit atau pegunungan. Beberapa faktor yang memengaruhi terbentuknya wilayah lereng adalah faktor penyusun batuan (litologi), geologi dan strukturnya, penyusun tanahnya, tata guna lahan, dan tingkat curah hujan (Faizana et al., 2015; Hanifa & Suwardi, 2023). Daerah yang dianggap rawan terhadap longsor dapat dianalisis dan diinterpretasi dengan menggunakan data raster berupa citra penginderaan jauh satelit dan SIG (Sistem Informasi Geografis) (Paiza et al., 2021; Rusdiana et al., 2021).

Peristiwa longsor terjadi karena adanya gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya yang sering terjadi pada lereng-lereng alami atau batuan. Bencana longsor tidak terjadi dengan sendirinya, melainkan terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya longsor. Faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor yaitu curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng yang curam, jenis tanah, geologi dan penggunaan lahan. Umumnya, bencana longsor terjadi pada wilayah yang berada di dataran tinggi dengan kelerengan yang curam. Hal ini semakin diperparah dengan tingginya curah hujan dan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kondisi wilayah tersebut. Dampak terbesar yang diakibatkan oleh longsor adalah pengikisan tanah, pengikisan tanah yang terjadi akan mengubah lapisan permukaan tanah yang dimana berdampak langsung pada penutupan lahan (Hanifudin et al., 2024). Dampak lain yang dapat ditimbulkan atas kejadian tanah longsor tersebut yakni mulai dari kehilangan tempat tinggal bahkan sampai kehilangan nyawa.

Faktor utama yang dapat menyebabkan terjadinya bencana tanah longsor, yaitu faktor pengendali dan faktor pemicu. Faktor pengendali meliputi hal-hal seperti sambungan batuan, patahan, litologi, kemiringan, dan keadaan geologi yang mempengaruhi keadaan material. Sedangkan faktor pemicunya antara lain hujan deras, gempa bumi, erosi lereng, dan aktivitas manusia yang menyebabkan material berpindah (Naryanto et al., 2019). Setiap tahun, luas lahan terbuka bertambah, sehingga mendorong perluasan lahan penting. Pada daerah dengan kemiringan lereng yang curam, tanah longsor akan terjadi jika terdapat lapisan kedap air di bawah permukaan tanah dan tidak ada vegetasi yang mengikat lapisan kedap air tersebut (Arsyad et al., 2018).

Penelitian ini menggunakan parameter curah hujan, parameter kemiringan lereng, parameter ketinggian, parameter jenis tanah dan parameter penggunaan lahan. Kedalaman tanah akan mempengaruhi banyak tidaknya material longsor yang akan turun menuruni lereng (Hidayat et al., 2016). Kedalaman tanah berkaitan erat dengan kemiringan lereng, semakin dalam dan tebal tanah pada lereng yang curam akan meningkatkan potensi bencana tanah longsor. Curah hujan sangat berperan penting pada tingkat kerawanan longsor, semakin tinggi besaran curah hujan di suatu lokasi maka potensi tanah longsornya akan semakin tinggi. Kemiringan lereng merupakan salah satu penyebab tingginya potensi longsor, karena dengan semakin miring lereng maka daya tarik bumi atau gravitasi akan menarik material menuruni lereng hal ini akan menyebabkan semakin tingginya potensi bahaya tanah longsor (Rakuasa & Rifai, 2021).

Parameter jenis tanah diukur berdasarkan kemampuan tanah meloloskan air, artinya semakin mudah tanah untuk meloloskan air maka bahaya tanah longsor akan semakin rendah. Parameter penggunaan lahan mempengaruhi struktur tanah yang ada dibawahnya. Tanah yang memiliki struktur labil akan menyebabkan potensi bahaya tanah longsor semakin besar hal ini sejalan dengan penggunaan lahan apabila jenis vegetasi penggunaan lahan yang bersifat mempertahankan struktur tanah, maka potensi tanah longsor akan semakin rendah (Agustina et al., 2020).

Penginderaan jauh adalah alat yang murah dan cepat untuk melacak perubahan dalam penggunaan lahan. Tingkat penguapan air meningkat sebagai akibat dari iklim tropis Indonesia. Hal ini menyebabkan gangguan cuaca seperti awan, yang menghalangi teknologi penginderaan jauh sistem optis. Karena dilengkapi dengan *Syntetic Aperture Radar* (SAR), Sentinel-1 dapat mengumpulkan data tentang kondisi lahan dengan lebih fleksibel. Ini karena awan dan cuaca tidak mengganggu pengumpulan datanya. Dalam penelitian ini, data dual polarisasi Sentinel-1 radar VV dan VH digunakan untuk mengidentifikasi longsor (Fathoni et al., 2017). Sentinel 1 memiliki resolusi 20 x 22 m dan mampu mengolah piksel menjadi 10 x 10m. Sentinel 1A juga dapat diakses secara *open source*, memungkinkan analisis berkala atau time series. Polarisasi gelombang elektromagnetik, terdiri dari VV dan VH atau HH dan HV, diatur saat sensor memancarkan gelombang mikro dan diterima kembali oleh objek melalui dispersi balik. Salah satu keunggulan Sentinel 1 adalah kemampuan untuk melacak baik siang maupun malam tanpa terpengaruh oleh awan (Assidiq & Rokhmana, 2021).

ArcGIS adalah program berbasis sistem informasi geografis (SIG) yang didasarkan pada komputer yang digunakan untuk menganalisis, menyimpan, memproses, dan menghasilkan peta dari data yang dikutip dalam ruang atau koordinat geografis. Salah satu manfaat sistem informasi geografis (SIG) adalah dapat membantu menganalisis dan memberikan data Geospasial tentang semua objek yang ada di permukaan bumi. Selain itu, sistem informasi geografis (SIG) memungkinkan untuk menghasilkan peta (Hardianto et al., 2020; Frizani et al., 2021).

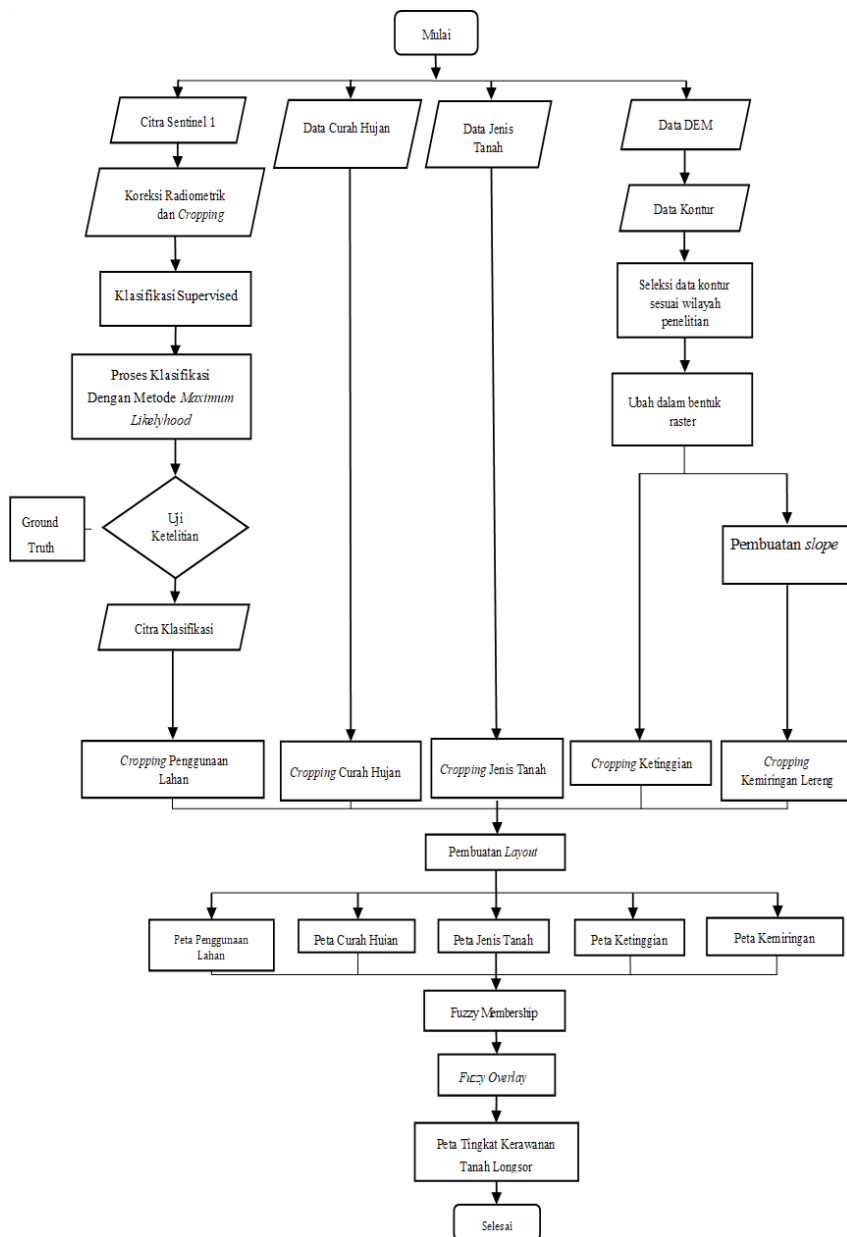
Salah satu metode untuk memetakan ruang input ke dalam ruang luaran adalah *fuzzy logic* (Ali et al., 2021). Dengan menggunakan fuzzy logic, tingkat keakuratan penentuan tingkat kerawanan bencana lebih akurat dibanding metode konvensional, khusus pada parameter input yang samar (Jaya et al., 2024). Jadi, *fuzzy logic* cocok digunakan untuk menghitung daerah yang rentan terhadap tanah longsor. Fuzzy membership adalah teknik yang dapat digunakan untuk mengetahui keanggotaan himpunan dari parameter yang telah ditentukan (Nur et al., 2024; Soma et al., 2025).

Penelitian ini dilakukan pada wilayah Kecamatan Walenrang Barat karena memiliki kemiringan lereng yang tidak teratur mudah menyebabkan tanah longsor. Bencana tanah longsor sangat penting untuk diteliti karena banyak merenggut korban jiwa dan kehilangan tempat tinggal. Daerah yang dianggap rawan terhadap longsor dapat diidentifikasi menggunakan data citra (DEM, data curah hujan, sentinel 1, jenis tanah) dan data InaRISK untuk memperoleh informasi kejadian longsor secara detail serta membandingkan kedua data tersebut. Pada penelitian ini juga menggunakan *software* ArcGis untuk mengolah data. Berdasarkan uraian latar belakang maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi tanah longsor di lokasi penelitian dan untuk mengetahui luasan potensi tanah longsor menggunakan *Software* ArcGis, metode *fuzzy logic*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang dan strategi mitigasi bencana di wilayah rawan longsor.

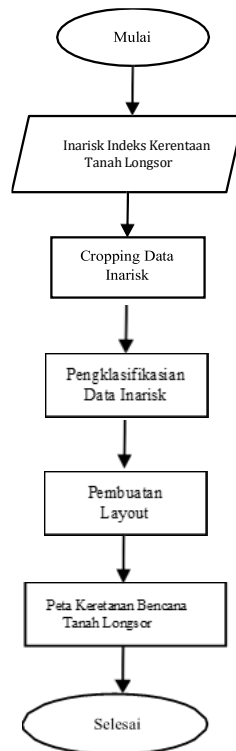
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2023-Agustus 2024. Jangka waktu tersebut meliputi studi literatur, pengambilan data, Analisa data, pengolahan data, serta penulisan laporan akhir. Lokasi penelitian dilakukan di Kecamatan Walenrang Barat, Kabupaten Luwu. Jenis penelitian adalah kuantitatif karena melibatkan Teknik pengumpulan data, survei atau analisis statistik dari data sekunder. Penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy untuk mengetahui tingkat keakuratan penentuan daerah rawan tanah longsor dan tingkat keakuratan penentuan peringatan adalah 100%. Jadi, metode logika fuzzy cocok digunakan untuk menghitung daerah yang rentan terhadap tanah longsor dengan menggunakan lima parameter yaitu parameter ketinggian, kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah dan penggunaan/tutupan lahan.

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan dalam pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir tahapan pengolahan data citra



Gambar 2. Diagram alir tahapan pengolahan data InaRISK

Perencanaan dan identifikasi lokasi adalah langkah awal dari penelitian ini. Daerah rawan longsor ditentukan dengan lima parameter yaitu curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng dan penggunaan/tutupan lahan. Peta curah hujan, dilakukan pengolahan data curah hujan dengan mengklasifikasikan lokasi penelitian. Dari hasil klasifikasi di dapatkan 2 kelas curah hujan pada lokasi penelitian. Peta jenis tanah, dilakukan pengolahan peta jenis tanah dengan proses klasifikasi di lokasi penelitian, dan ditemukan 3 kelas jenis tanah. Peta ketinggian ini diperoleh dari data raster yang diubah menjadi data vektor kemudian diolah untuk mendapatkan klasifikasi peta ketinggian. Untuk membuat peta kemiringan lereng, data raster diubah menjadi data vektor. Dengan nilai tiap kemiringan lereng didapatkan menggunakan *3D Analyst Tools* → *Raster Surface* → *Slope*. Pada peta tutupan lahan, dilakukan proses pengolahan data Sentinel-1 untuk mendapatkan peta tutupan lahan dan menganalisis untuk mendapatkan klasifikasi tutupan lahan. Selanjutnya pembuatan fungsi keanggotaan (Membership Function), Proses ini dilakukan dengan menggunakan *software Arcgis* untuk menghasilkan nilai *overlay fuzzy*. Proses pengolahan *overlay fuzzy* menggabungkan lima parameter tanah longsor yaitu peta curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng serta penggunaan/tutupan lahan dan menghasilkan peta daerah yang rentan terhadap bencana tanah longsor, yang kemudian akan dianalisis berdasarkan tingkat kerawanan di setiap lokasi penelitian.

Berdasarkan Purnomo (2012), zona kerentanan gerakan tanah yang dihasilkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) terdiri dari empat zona: zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah, zona kerentanan gerakan tanah rendah, zona kerentanan gerakan tanah menengah, dan zona kerentanan gerakan tanah tinggi. Karena definisinya, longsor terjadi di daerah dengan kemiringan. Oleh karena itu, tidak semua wilayah zona kerentanan gerakan tanah berpotensi longsor. Selanjutnya, zona kerentanan

gerakan tanah diklasifikasikan berdasarkan indeks. Zona dengan kerentanan gerakan tanah sangat rendah dan rendah dikategorikan sebagai kelas rendah, zona dengan kerentanan gerakan tanah menengah dikategorikan sebagai kelas menengah, dan zona dengan kerentanan gerakan tanah tinggi dikategorikan sebagai kelas tinggi. Setelah pemetaan risiko longsor selesai, langkah terakhir adalah menghitung luas dan persentase area yang memiliki risiko longsor rendah, sedang, dan tinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam membuat peta parameter penyebab terjadinya tanah longsor diperlukan beberapa data parameter longsor yakni ketinggian tempat, kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah dan penggunaan/tutupan lahan. Masing-masing parameter yang diperiksa dapat dijelaskan secara rinci pada beberapa poin di bawah ini.

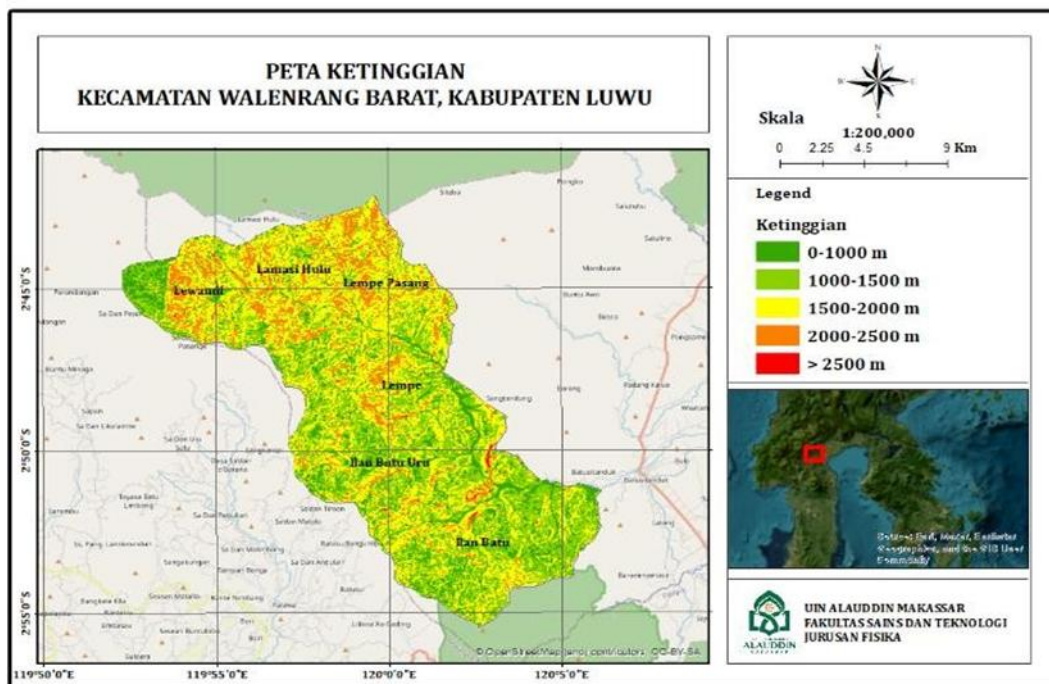
### 1. Peta Ketinggian

Ketinggian suatu daerah merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan terjadinya tanah longsor karena menyebabkan massa tanah dan batuan berubah keseimbangan sehingga berdampak lebih besar jika terjadi tanah longsor. Berdasarkan hasil klasifikasi studi kasus penelitian, terdapat 5 tingkatan ketinggian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis parameter ketinggian

Kelas	Ketinggian	Luas (ha)	%
Sangat Rendah	0-1.000 m	3.152,51	12,22
Rendah	1.000-1.500 m	9.384,40	36,37
Sedang	1.500-2.000 m	10.076,36	39,05
Tinggi	2.000-2.500 m	3.113,41	12,07
Sangat Tinggi	> 2.500 m	7.429	0,29
<b>Total</b>		<b>25.800,96</b>	<b>100</b>

Data raster digunakan untuk membuat peta ketinggian. Ini diproses ke dalam ArcGIS menjadi data vektor dan diklasifikasikan menjadi lima kelas ketinggian. Diantaranya, sangat rendah 0-1000 m, rendah, 1000-1500 m, sedang 1500-2000 m, tinggi 2000-2500 m dan sangat tinggi >2500 m. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa ketinggian tertinggi adalah 1500-2000 m dengan luas sebesar 10076.36 ha. Persentase luas ketinggian dari tertinggi sampai terendah untuk ketinggian 1500-2000 sebesar 39,05%, 1000-1500 sebesar 36,37%, 0-1000 sebesar 12,22%, 2000-2500 sebesar 12,07% dan >2500 sebesar 0,29%. Hasil peta ketinggian Kecamatan Walenrang barat dianalisis menggunakan ArcGis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta ketinggian Kecamatan Walenrang Barat.

## 2. Peta Kemiringan Lereng

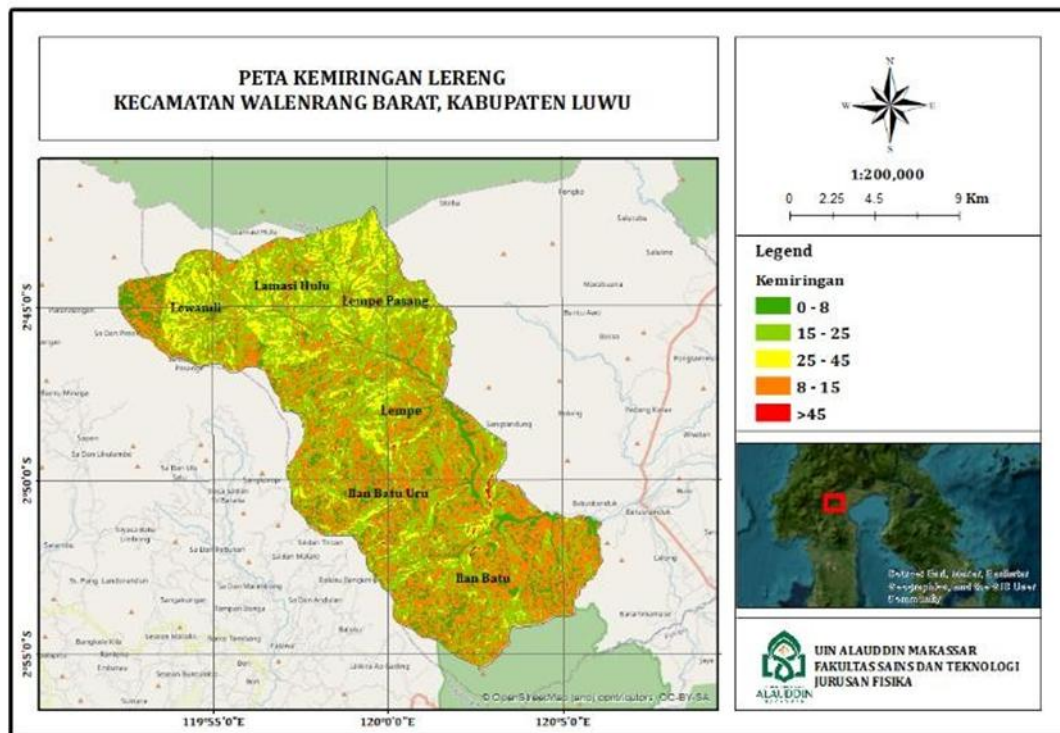
Longsor meningkat seiring dengan kemiringan suatu daerah. Banyak lereng yang tidak stabil karena lerengnya hampir vertikal. Hal ini karena longsor lebih mungkin terjadi pada lereng yang curam atau lebih curam. Dalam proses pembuatan peta kemiringan lereng, data yang digunakan berupa data raster, yang diproses melalui Arcgis menjadi data kemiringan lereng dalam bentuk shp (*Shapefile*). Pada proses klasifikasi dibuat dengan menentukan nilai *slope* (kemiringan), sehingga didapat 5 jenis kelas kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis parameter kemiringan lereng

Kelas	Kemiringan Lereng	Luas (ha)	%
Datar	0-8	3,15	3,47
Landai	8-15	9,38	10,32
Agak Curam	15-25	1,01	1,11
Curam	25-45	3,11	3,42
Sangat Curam	> 45	74,29	81,68
<b>Total</b>		<b>90,94</b>	<b>100</b>

Pada Tabel 2 mengidentifikasi kemiringan lereng tertinggi  $>45^\circ$  dengan luas sebesar 74,29 ha. Persentase luas kemiringan lereng dari tertinggi ke terendah yaitu sangat curam dengan kemiringan  $>45^\circ$  sebesar 81,68%, landai dengan kemiringan 8-15° sebesar 10,32%, datar dengan kemiringan 0-8° sebesar 3,47%, curam dengan kemiringan 25-45° sebesar 3,42 dan agak curam dengan kemiringan 15-25° sebesar 1,11%. Hasil peta kemiringan lereng Kecamatan Walenrang Barat dianalisis menggunakan ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 4.





Gambar 4. Peta kemiringan lereng Kecamatan Walenrang Barat

### 3. Peta Curah Hujan

Dalam kebanyakan kasus, ancaman longsor muncul ketika curah hujan meningkat. Semakin tinggi curah hujan di suatu daerah, kemungkinan longsor akan meningkat. Gerakan lateral akan terjadi karena air hujan akan terkumpul di dasar lereng. Ini adalah intensitas dan kelas curah hujan yang diamati dalam studi kasus penelitian. Intensitas curah hujan yang tinggi yang didukung dengan jenis tanah berupa podsolik dapat meningkatkan potensi kerawanan longsor. Hal ini dikarenakan curah hujan yang tinggi dapat memicu kejenuhan tanah, menyebabkan massa tanah menjadi berat dan kohesi antar partikel tanah berkurang (Ekawati et al., 2024). Tingkat kohesi antar partikel setiap jenis tanah (Tabel 4) berbeda-beda tergantung dari struktur dan daya ikat. Podsolik dan aluvium memiliki struktur halus dan daya ikat rendah sehingga jadi rentan terhadap longsor (Haribulan & Gosal, 2019).

Data curah hujan mencakup seluruh Kecamatan Walenrang Barat. Setelah proses pembuatan peta parameter curah hujan berdasarkan studi kasus penelitian, klasifikasi dilakukan. Hasil klasifikasi menghasilkan dua tingkat kelas curah hujan, kelas rendah mencapai 2500–3000 mm/tahun dan kelas tinggi mencapai 3000–3500 mm/tahun dapat dilihat pada Tabel 3.

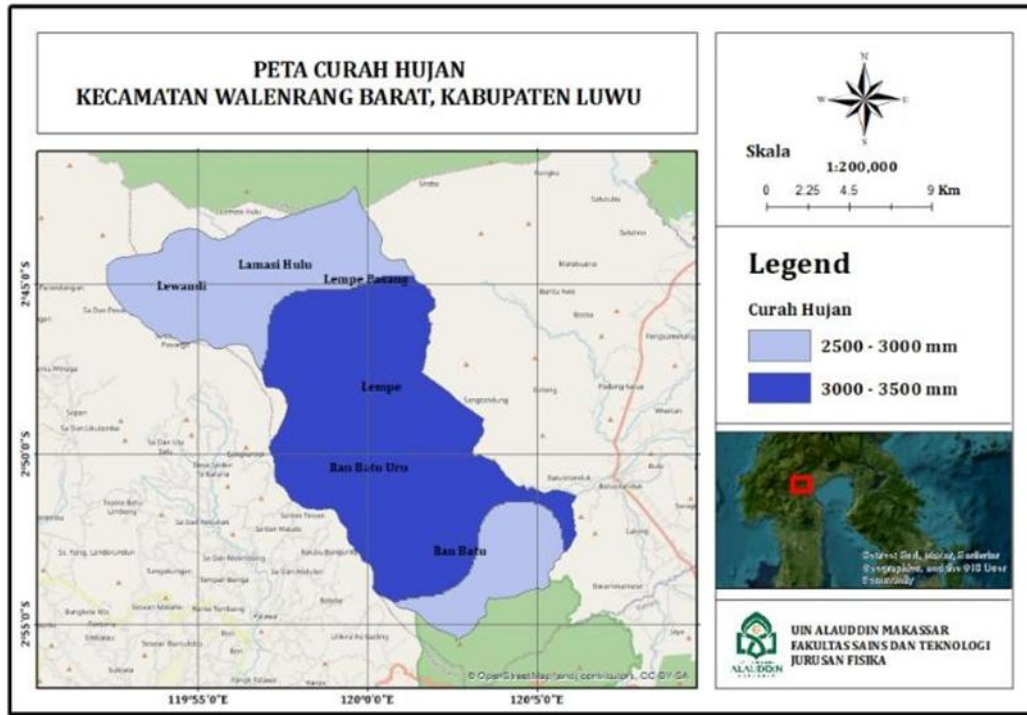
Tabel 3. Hasil analisis parameter curah hujan

Kelas	Curah Hujan (mm/th)	Luas (ha)	%
Rendah	2.500-3.000	10.390,72	39,89
Tinggi	3.000-3.500	15.657,57	60,11
<b>Total</b>		<b>26.048,3</b>	<b>100</b>

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi pada intensitas tinggi antara 3000-3500 mm/th dengan luas 15657.57 ha. Persentase luas curah hujan untuk



kelas tinggi dari tertinggi ke terendah sebesar 60,11% dan kelas rendah sebesar 39,89%. Hal ini menunjukkan bahwa daerah kecamatan Walenrang Barat memiliki kemungkinan tanah longsor. Hasil peta curah hujan Kecamatan Walenrang Barat dianalisis menggunakan ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta curah hujan Kecamatan Walenrang Barat

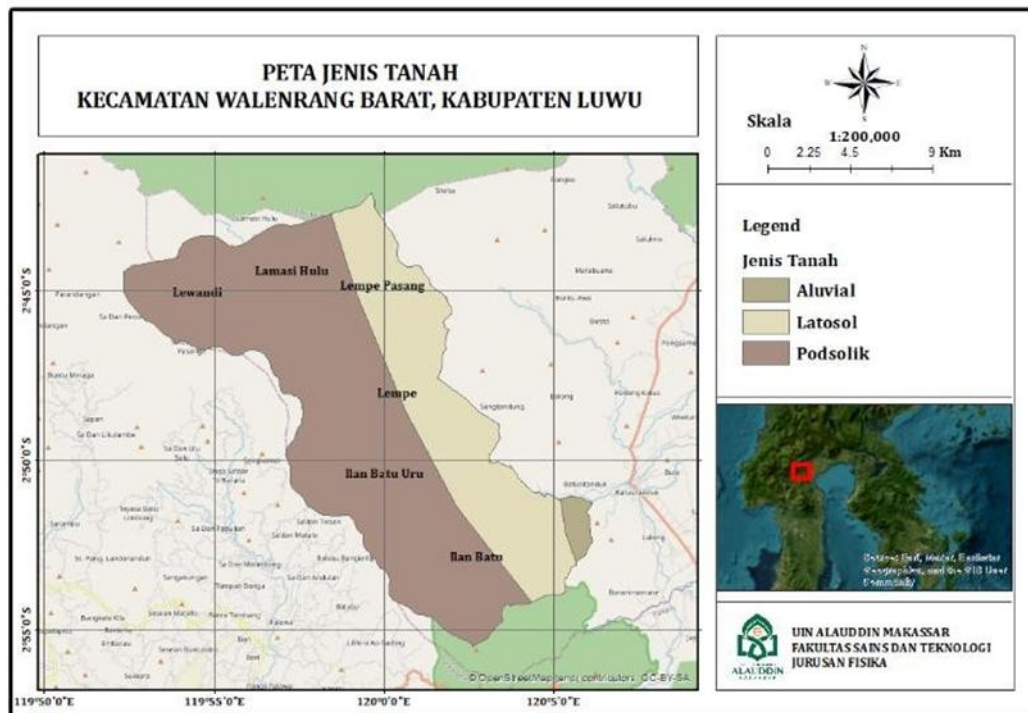
#### 4. Peta Jenis Tanah

Dari hasil klasifikasi didapatkan 3 kelas jenis tanah diantaranya jenis tanah aluvial, latosol dan podsolik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis parameter jenis tanah Kecamatan Walenrang Barat

Jenis Tanah	Luas	%
Aluvial	413	1,59
Latosol	8.241	31,64
Podsolik	17.394	66,78
<b>Total</b>	<b>26.048</b>	<b>100</b>

Pada Tabel 4 parameter jenis tanah tertinggi adalah tanah podsolik dengan luas 17.394 ha. Persentase luas jenis tanah dari tertinggi hingga terendah adalah tanah podsolik sebesar 66,78%, tanah latosol sebesar 31,64% dan tanah aluvial sebesar 1,59%. Hasil peta jenis tanah Kecamatan Walenrang barat dianalisis menggunakan ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta jenis tanah Kecamatan Walenrang Barat

## 5. Peta Penggunaan/Tutupan Lahan

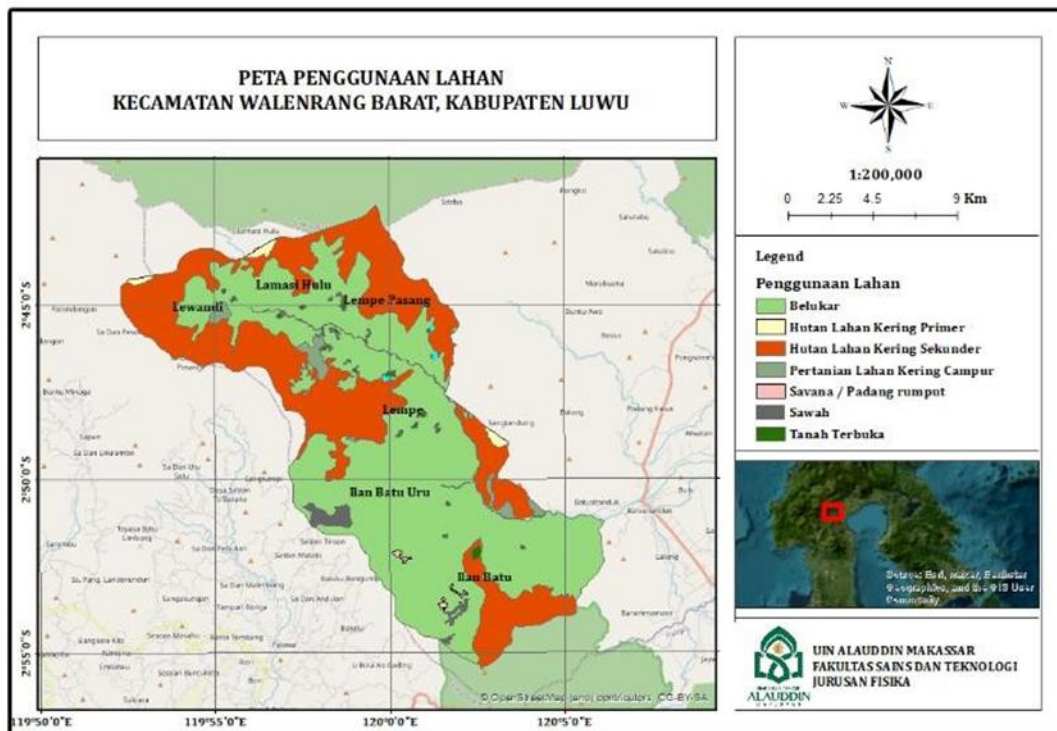
Pemanfaatan atau penutupan lahan pada suatu lokasi atau wilayah memengaruhi tingkat risiko terjadinya tanah longsor akibat penggunaan lahan yang tidak tepat, seperti pemukiman dengan kondisi lahan yang tidak sesuai karena terletak pada kawasan yang sangat rawan terhadap bencana tanah longsor. Selain itu, penggunaan lahan yang tidak tepat menyebabkan tanah longsor. Peta penggunaan/tutupan lahan diperoleh dari data Sentinel-1 di situs ESA. Pada tahap pengolahan data ini dapat dilakukan klasifikasi untuk memperoleh kelas penggunaan/tutupan lahan. Berdasarkan pada Tabel 5 hasil klasifikasi tersebut teridentifikasi 7 kelas penggunaan/tutupan lahan, antara lain semak belukar, hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, pertanian lahan kering campuran, savana/padang rumput, sawah, dan lahan terbuka.

Tabel 5. Hasil analisis parameter penggunaan/tutupan lahan.

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
Semak belukar	15.498,76	59,70
Hutan lahan kering primer	158,39	0,61
Hutan lahan kering sekunder	9.376,23	36,12
Pertanian lahan kering campur	402,95	1,55
Savana/padang rumput	53,82	0,21
Sawah	271,60	1,05
Tanah terbuka	198,64	0,77
<b>Total</b>	<b>25.960,38</b>	<b>100</b>

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan/tutupan lahan tertinggi adalah semak belukar dengan luas sebesar 15498,76 ha. Persentase luas penggunaan/tutupan lahan dari tertinggi sampai terendah untuk penggunaan/tutupan lahan semak belukar sebesar 59,70%, hutan lahan kering sekunder sebesar 36,12%, pertanian lahan kering campur sebesar 1,55%, sawah sebesar 1,05%, tanah terbuka sebesar 0,77%, hutan lahan

kering primer sebesar 0,61% dan savana/padang rumput sebesar 0,21%. Hasil peta penggunaan/tutupan lahan Kecamatan Walenrang barat dianalisis menggunakan ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta penggunaan lahan Kecamatan Walenrang Barat.

## 6. Peta Tingkat Kerawanan Longsor

Berdasarkan hasil *overlay*, luas tingkat kerawanan tanah longsor dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil parameter tingkat kerawanan tanah longsor

Tingkat kerawanan	Luas (ha)	%
Rendah	6.739,45	26,27
Sedang	9.131,19	35,59
Tinggi	9.788,20	38,15
<b>Total</b>	<b>25.658,84</b>	<b>100</b>

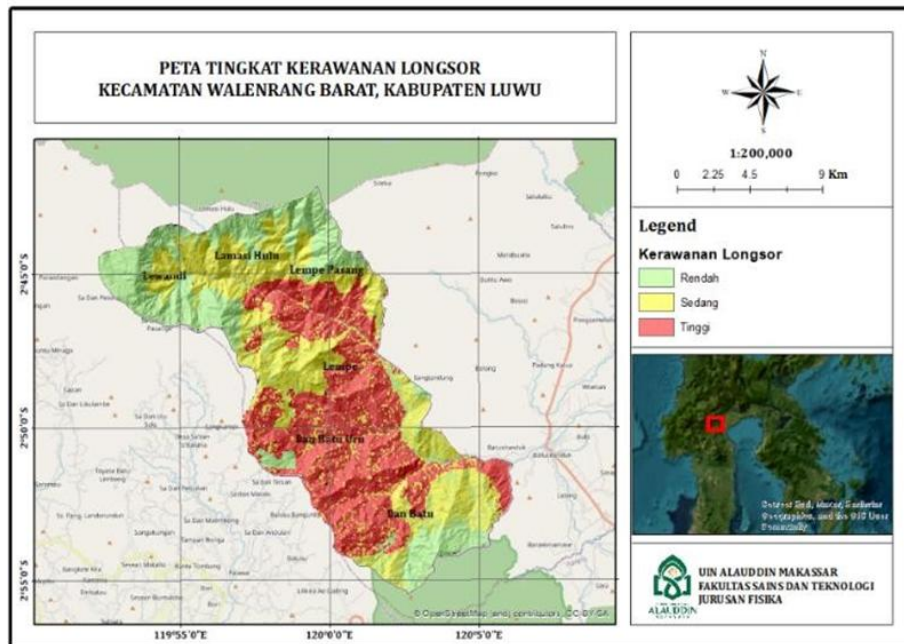
Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa luas tanah longsor terbesar adalah 9788,20 ha, dengan tingkat kerawanan tertinggi 38,15%, tingkat kerawanan sedang 35,59%, dan tingkat kerawanan rendah 26,27%. Dari hasil tersebut didapatkan analisa berdasarkan tingkat kerawanan pada desa. Berikut hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tingkat kerawanan tanah longsor

Desa	Kelas	Luas (ha)	%
Lamasi Hulu	Rendah	1.989,89	8,22
Lempe	Sedang	3.148,63	13,01
Lempe Pasang	Sedang	3.391,87	14,02
Lewandi	Sedang	3.569,92	14,75
Ilan Batu Uru	Tinggi	5.968,57	24,67
Ilan Batu	Tinggi	6.127,16	25,32
<b>Total</b>		<b>24.196,04</b>	<b>100</b>

Tabel 7 menunjukkan sebaran tingkat kerawanan bencana longsor di Kecamatan Walenrang Barat diambil dari data administrasi dan dilihat dengan *calculate geometry* di Arcgis. Hasil distribusi menunjukkan bahwa di Kecamatan Walenrang Barat, daerah dengan tingkat kerawanan paling tinggi berada di Desa Ilan Batu dengan 6127,16 ha (25,32%) dan Desa Ilan Batu Uru dengan 5968,57 ha (24,67%). Daerah dengan tingkat kerawanan sedang berada di Desa Lewandi dengan 3569,92 ha (14,75%), Desa Lempe Pasang dengan 3391,87 ha (14,02%) dan Desa Lempe dengan 3148,63 ha (13,01%). Daerah dengan tingkat kerawanan paling rendah berada di Desa Lamasi Hulu dengan 1989,89 ha (8,22%).

Peta tingkat kerawanan tanah longsor dibuat dengan menggabungkan lima parameter penyebab tanah longsor, menggunakan metode fuzzy logic. Sebelum kelima parameter tersebut digabung, parameter-parameter yang berupa nilai linguistik tersebut dibuat menjadi fungsi keanggotaan fuzzy. Fungsi ini memetakan input parameter (curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dll) ke derajat keanggotaan dalam suatu himpunan fuzzy dengan rentang nilai antara 0 sampai 1. Proses terdapat dapat dilakukan dengan menggunakan metode segitiga (Akshar, 2013; Badola et al., 2023). Hasil *overlay* dari masing-masing parameter dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta tingkat kerawanan longsor dari *fuzzy logic*

## 7. Peta Kerawanan Tanah Longsor

Perhitungan untuk analisis persebaran risiko longsor diperoleh melalui pemetaan data Inarisk BNPB yang diolah menggunakan ArcGIS. Hasil pemetaan ditunjukkan pada Gambar 9. Analisis ini dilakukan dengan membagi luas wilayah sesuai dengan parameter indeks risiko longsor, yang menghasilkan klasifikasi sedang, rendah, dan tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil parameter kerawanan bencana tanah longsor

Kerawanan Tanah Longsor	Luas (ha)	%
Rendah	328,41	1,26
Sedang	1.232,17	4,73
Tinggi	24.475,25	94,01
<b>Total</b>	<b>26.035,82</b>	<b>100</b>

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa wilayah dengan Jumlah lahan kategori rendah adalah 328,41 ha (1,26%), sedangkan luas kategori sedang adalah 1232,17 ha (4,73%), dan luas kategori tinggi adalah 24475,25 ha (94,01%), yang tersebar di seluruh wilayah Kecamatan Walenrang Barat. Hasilnya menunjukkan luas sebaran kemungkinan bencana longsor di Kecamatan Walenrang Barat, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.

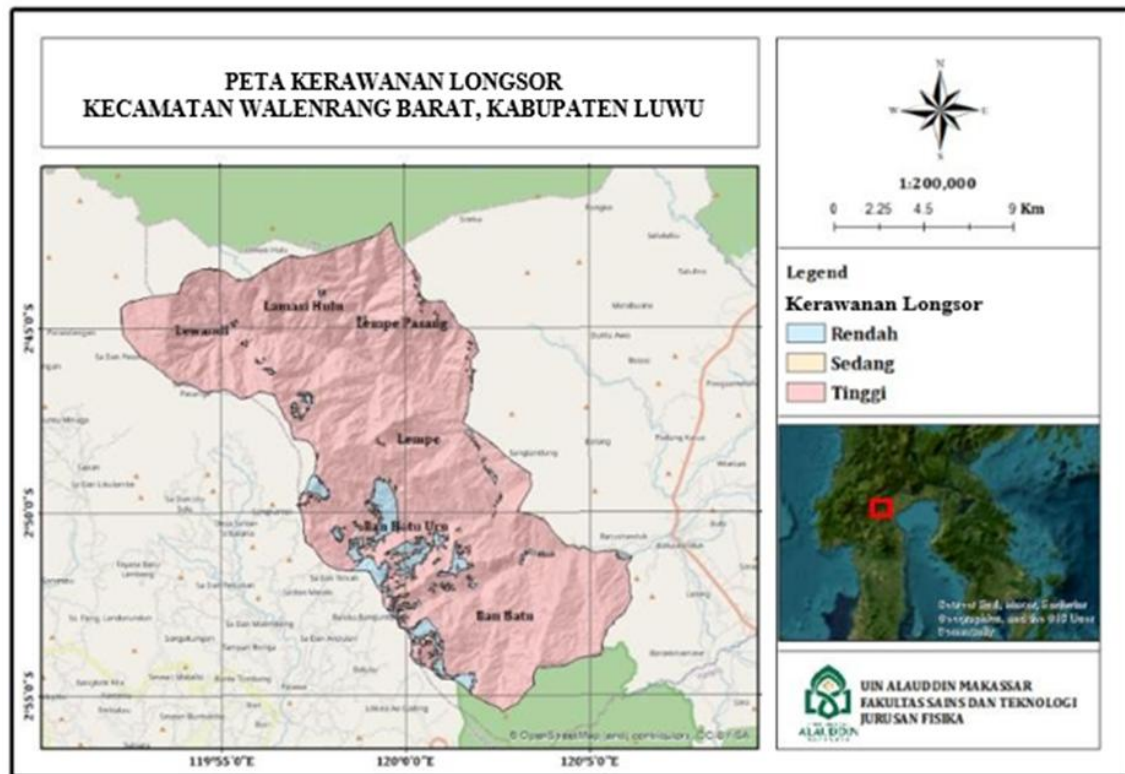
Tabel 9. Tingkat kerawanan bencana tanah longsor

Desa	Kelas	Luas (ha)	%
Lamasi Hulu	Rendah	2.021,25	7,78
Lempe	Sedang	3.222,55	12,41
Lewandi	Sedang	3.636,57	14,01
Lempe Pasang	Sedang	4.885,85	18,82
Ilan Batu Uru	Tinggi	6.014,95	23,16
Ilan Batu	Tinggi	6.184,74	23,82
<b>Total</b>		<b>25.965,91</b>	<b>100</b>

Berdasarkan Tabel 9, di Kecamatan Walenrang Barat, area dengan tingkat kerawanan bencana longsor berkisar dari rendah hingga tinggi. Hasil tersebut diperoleh dari pengolahan data administrasi, yang memungkinkan untuk melihat luasannya dengan menggunakan *software* ArcGIS untuk *calculate geometry*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Desa Ilan Batu memiliki luas tertinggi 6184,74 ha (23,82%) dan Ilan Batu Uru 6014,95 ha (23,16%). Lempe Pasang memiliki luas sedang 4885,85 ha (18,82%), Desa Lewandi memiliki 3636,57 ha (14,01%), dan Desa Lempe memiliki 3222,55 ha (12,41%). Desa Lamasi Hulu memiliki luas rendah 2021,25 ha (7,78%). Hasil peta risiko tanah longsor Kecamatan Walenrang barat dianalisis menggunakan ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 9. Dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, peta tingkat kerawanan bencana longsor dibuat menggunakan aplikasi ArcGIS dengan parameter seperti ketinggian, kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah, dan curah hujan. Tingkat kerawanan longsor dihitung dengan menggabungkan kelima parameter tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Kategori rendah (berwarna merah) mendominasi wilayah ini dengan luas 6739,45 ha (26,27%), yang merupakan daerah dengan tingkat kerawanan longsor yang lebih rendah karena pergerakan tanah. Kategori tinggi (berwarna merah), dengan luas 9788,20 ha (38,15%), merupakan daerah dengan tingkat kerawanan longsor yang paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh curah hujan yang sangat tinggi. Penyusutan lapisan tanah dan batuan yang terbentuk, serta penggunaan lahan yang tidak terkendali oleh manusia, memengaruhi. Selain itu, kategori sedang mencakup 9131,19 ha, yang merupakan 35,59% dari total. Disebabkan oleh tipe tanah latosol yang peka terhadap erosi dan memiliki produktivitas sedang hingga tinggi, sebaran tersebut memiliki risiko tanah longsor. Tingkat intensitas curah hujan berkategori sedang hingga tinggi, bidang lereng yang curam hingga sangat curam (melebihi 45 derajat) dan daerah sekitarnya yang berbukit adalah faktor tambahan yang berkontribusi. Data InaRISK BNPB menggunakan data indeks kerawanan longsor. Hasil yang paling banyak mengalami longsor dimasukkan ke dalam tiga kategori yaitu rendah 328,41 ha (1,26%), sedang 1232,17 ha (4,73%), dan tinggi 24475,82 ha (94,01%). Berdasarkan kedua data tersebut, ditunjukkan bahwa setiap desa di Kecamatan Walenrang Barat memiliki tingkat kerawanan longsor beserta akurasi dengan metode *fuzzy logic* diperlihatkan pada Tabel 10.





Gambar 9. Peta tingkat kerawanan longsor dari InaRISK

Tabel 10 memperlihatkan adanya perbedaan hasil antara peta kerawanan longsor dari metode *Fuzzy Logic* dan Inarisk BNPB akan tetapi perbedaan tersebut tidak begitu signifikan dengan rata-rata akurasi dari metode *Fuzzy Logic* sebesar 98,40 %. Perbedaan ini disebabkan metode *Fuzzy logic* mampu mengakomodasi ketidakpastian (kondisi fuzzy) dan variasi dari parameter input. Sedangkan, InaRISK BNPB mengacu pada data dan skema kerawanan skala besar namun kurang memperhatikan data skala mikro dan perubahan geografis.

Tabel 10. Tingkat kerawanan longsor dan akurasinya

Desa	Tingkat Kerawanan		Luas (ha)		Akurasi (%)
	<i>Fuzzy Logic</i>	InaRISK	<i>Fuzzy Logic</i>	InaRISK	
Ilan Batu	Tinggi	Tinggi	6.127,16 (25,32%)	6.184,74 (23,82%)	98,50
Ilan Batu Uru	Tinggi	Tinggi	5.968,57 (24,67%)	6.014,95 (23,16%)	98,49
Lewandi	Sedang	Sedang	3.569,92 (14,75%)	3.636,57 (14,01%)	99,26
Lempe Pasang	Sedang	Sedang	3.391,87 (14,02%)	4.885,85 (18,82%)	95,20
Lempe	Sedang	Sedang	3.148,63 (13,01%)	3.222,55 (12,41%)	99,40
Lamasi Hulu	Rendah	Rendah	1.989,89 (8,22%)	2.021,25 (7,78%)	99,56
Rata-rata					98,40

Dari hasil perbandingan data InaRISK pada tahun 2021 didapatkan bahwa daerah Kecamatan Walenrang Barat cukup tinggi terjadinya tanah longsor hal ini dapat dilihat dari informasi BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) sedangkan pada pengolahan data citra tahun 2024 bencana tanah longsor di Kecamatan Walenrang Barat diprediksi sedang.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Walenrang Barat memiliki dominasi kelas kerawanan longsor rendah sampai dengan tinggi. Desa Ilan Batu dan Ilan Batu Uru sebagai zona prioritas utama dalam upaya mitigasi bencana, sementara Lamasi Hulu relatif lebih rendah. Hasil pemetaan ini dapat dijadikan acuan dalam zonasi pengendalian dan pemanfaatan tata ruang wilayah berbasis mitigasi kerawanan longsor seperti jaringan jalan, pemukiman, sarana dan prasarana, dll. Pemetaan kerawanan longsor dengan metode *fuzzy logic* dapat digunakan untuk mitigasi kerawanan longsor dikarenakan rata-rata akurasi mencapai 98,40%. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan pada penelitian lebih lanjut baik dengan metode geoteknik maupun geofisika untuk pengendalian dan pemanfaatan tata ruang Kecamatan Walenrang Barat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. K., Harbowo, D. G., & Farishi, B. A. (2020). Identifikasi kawasan rawan longsor berdasarkan karakteristik batuan penyusun di Kota Bandar Lampung. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 3(1), 30–37. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2020.7769>.
- Akshar. (2013). Penentuan tingkat kerawanan longsor menggunakan metode fuzzy logic. *TECHSI – Jurnal Teknik Informatika*, 5(2), 91–110. <https://doi.org/10.29103/techsi.v5i2.152>.
- Ali, S. A., Parvin, F., Vojteková, J., Costache, R., Linh, N. T. T., Pham, Q. B., Vojtek, M., Gigović, L., Ahmad, A., & Ghorbani, M. A. (2021). GIS-based landslide susceptibility modeling: A comparison between fuzzy multi-criteria and machine learning algorithms. *Geoscience Frontiers*, 12(2), 857–876. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.004>.
- Arsyad, U., Barkey, R., Wahyuni, W., & Matandung, K. (2018). Karakteristik tanah longsor di daerah aliran Sungai Tangka. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 10(1), 203–214. <https://doi.org/10.24259/jhm.v0i0.3978>.
- Assidiq, H., & Rokhmana, C. (2021). Hubungan dual polametric SAR Band-C dan Landsat 8 untuk identifikasi potensi kekeringan. *Geoid*, 16(2), 248–258. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v16i2.8581>.
- Badola, S., Mishra, V. N., Parkash, S., & Pandey, M. (2023). Rule-based fuzzy inference system for landslide susceptibility mapping along national highway 7 in Garhwal Himalayas, India. *Quaternary Science Advances*, 11(100093), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100093>.
- Ekawati, D., Maryati, S., & Kasim, M. (2024). Identifikasi tingkat kerentanan gerakan tanah dengan menggunakan pendekatan geospasial di Kecamatan Bilato, Kabupaten Gorontalo, Provinsi. *GEOSFERA*, 3(2), 104-110. <https://doi.org/10.37905/geojpg.v3i2.28510>.
- Faizana, F., Nugraha, A. L., & Yuwono, B. D. (2015). Pemetaan risiko bencana tanah longsor Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1), 223–234. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2015.7669>.
- Fathoni, M., Chulafak, G., & Kushardono, D. (2017). Kajian awal pemanfaatan data radar Sentinel-1 untuk pemetaan lahan baku sawah di Kabupaten Indramayu Jawa Barat. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4 Tahun 2017*, 71–78.
- Frizani, D. E., Nugraha, A. L., & Awwaluddin, M. (2021). Pengembangan WebGIS untuk informasi kerentanan terhadap ancaman banjir. *Jurnal Geodesi Undip*, 10(2), 11–18. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2021.30629>.
- Hanifa, H., & Suwardi, S. (2023). Identifikasi tingkat kerawanan tanah longsor di Ajibarang Banyumas menggunakan metode skoring. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 97–103. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.10>.
- Hanifudin, F., Nugraha, A. L., & Firdaus, H. S. (2024). Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap ancaman bencana longsor dengan menggunakan sistem informasi geografis (Studi kasus: Kabupaten Kebumen). *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 7(1), 36–46. <https://doi.org/10.14710/jgt.7.1.2024.36-46>.
- Hardianto, A., Winardi, D., Rusdiana, D., Putri, A., Ananda, F., Devitasari, Djarwoatmodjo, F., Yustika, F., & Gustav, F. (2020). Pemanfaatan informasi spasial berbasis SIG untuk pemetaan tingkat kerawanan longsor di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 1(1), 23–31. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.16>.



- Haribulan, R., & Gosal, P. H. (2019). Kajian kerentanan fisik bencana longsor di Kecamatan Tomohon Utara. *Jurnal Spasial*, 6(3), 714–724. <https://doi.org/10.35793/sp.v6i3.26015>.
- Hidayat, R., Sutanto, S., & Munir, M. (2016). Kondisi geologi dan pola hujan sebagai pemicu longsor di Jawa Tengah bagian selatan pada Juni 2016. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 7(2), 147-162. <https://doi.org/10.32679/jth.v7i2.565>.
- Jaya, Y., Pramudita, L., Syahfitri, D., Wahyuni, S., Triandriana, Y., & Prayanti, B. (2024). Implementation of the fuzzy mamdani method in analyzing the level of flood vulnerability in Pangkalpinang city. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1419(012078), 1-8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1419/1/012078>.
- Naryanto, H. S., Soewandita, H., Ganesha, D., Prawiradisastira, F., & Kristijono, A. (2019). Analisis penyebab kejadian dan evaluasi bencana tanah longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur tanggal 1 April 2017. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 272–282. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.272-282>.
- Nur, H., Tahsya, A., & Prisma, D. R. E. (2024). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio-based fuzzy logic approach in Lima Puluh Kota Regency. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 8(2), 31–40. <https://doi.org/10.24036/sjdgge.v8i2.613>.
- Paiza, P., L., M., & Wahyuni, A. (2021). Pemetaan daerah rawan longsor menggunakan metode pencitraan satelit di Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan. *Jurnal Geoelebes*, 5(1), 80–90. <https://doi.org/10.20956/geoelebes.v5i1.12503>.
- Purnomo, H. (2012). Peta zona kerentanan gerakan tanah lembar Yogyakarta aspek kebencanaan dalam pengembangan wilayah. *Proceedings PIT IAGI Yogyakarta 2012: The 41st IAGI Annual Convention and Exhibition*, 28–38.
- Rakuasa, H., & Rifai, A. (2021). Pemetaan kerentanan bencana tanah longsor berbasis sistem informasi geografis di Kota Ambon. *Seminar Nasional Geomatika*, 57–191. <https://doi.org/10.24895/SNG.2020.0-0.1148>.
- Rusdiana, D., Ramadhanti, N., Imelia, J., & Hafidah, N. (2021). Pemanfaatan informasi spasial berbasis SIG untuk pemetaan tingkat kerawanan longsor di Kabupaten Karangasem, Bali. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2(2), 49–55. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i2.51>.
- Soma, A., Ramadhan, M., Hasnawir, & Wahyuni, W. (2025). Landslide susceptibility mapping using a combination of frequency ratio and fuzzy logic methods in the Malino Sub-watershed, Jemberang Watershed, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1445(012060), 1-14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1445/1/012060>.