

Identifikasi Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor di Desa Takandeang Kecamatan Tapalang Kabupaten Mamuju

(Identification of Landslide-prone Areas in Takandeang Village, Tapalang District, Mamuju Regency)

S.M.Fhadly*, Asmita Ahmad, Ahmad Fauzan Adzima

¹Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

*Corresponding email: s.muhammad.fhadly7@gmail.com

ABSTRACT

Mamuju Regency is one of the areas in West Sulawesi that has a relatively high potential for landslides on a regional scale. Landslide-prone areas on a village scale have not been widely identified. One of the villages that often experience landslides, which result in fatalities and infrastructure damage, is Takandeang Village, Tapalang District, Mamuju Regency. Determining landslide-prone areas uses a weighting method with parameters: rainfall, soil erodibility, lithology, slope gradient, and land cover. Analysis of soil characteristics: soil erodibility, texture, permeability, and C-organic. Observations of soil structure and macroscopic rocks were conducted directly in the field. The weighting of landslide parameters showed a vulnerability value of 1.2 for rainfall, 0.67 for lithology, 0.6 for soil erodibility, 0.45 for slope gradient, and 0.4 for land cover. Landslide area identification in Takandeang Village shows three classes of vulnerability level, namely low class with an area of 522.86 ha (29%) spread across most of the Takandeang Village Hamlet area, medium vulnerability class with an area of 1115.21 ha (62%) spread across most of the eastern and the western regions of Takandeang Village which are forest areas, and high vulnerability class around 172.09 ha (9%) spread across Takandeang, Salubiru, Limbeng Hamlets, a small part of Benteng Kata, Taloba and Salumati Hamlets. The landslide vulnerability level of Takandeang Village is caused by rainfall as a triggering factor, while lithology and soil erodibility are controlling factors with the same weight in accelerating landslide events.

Keywords: GIS, landslide, Takandeang, erodibility, soil.

ABSTRAK

Kabupaten Mamuju merupakan salah satu daerah di Sulawesi Barat yang memiliki potensi bencana tanah longsor yang cukup tinggi untuk skala regional. Identifikasi kawasan rawan bencana longsor untuk skala desa belum banyak dilakukan. Salah satu desa yang sering mengalami kejadian longsor dan mengakibatkan korban jiwa serta kerusakan infrastruktur adalah Desa Takandeang, Kecamatan Tapalang Kabupaten Mamuju. Identifikasi Kawasan rawan bencana tanah longsor menggunakan metode pembobotan dengan parameter; curah hujan, erodibilitas tanah, litologi, kemiringan lereng dan tutupan lahan. Analisis karakteristik tanah; erodibilitas tanah, tekstur, permeabilitas, dan C-organik. Pengamatan struktur tanah dan makroskopis batuan dilakukan secara langsung di lapangan. Pembobotan parameter longsor menunjukkan nilai kerawanan 1,2 untuk curah hujan, 0,67 untuk litologi, 0,6 untuk erodibilitas tanah, 0,45 untuk kemiringan lereng, dan 0,4 untuk tutupan lahan. Identifikasi kawasan longsor Desa Takandeang menunjukkan tiga kelas tingkat kerawanan yaitu kelas rendah dengan luas 522,86 ha (29%) yang tersebar di sebagian besar wilayah Dusun Desa Takandeang, kelas kerawanan sedang dengan luas 1115,21 ha (62%) yang tersebar disebagian besar wilayah timur, dan barat Desa Takandeang yang berupa kawasan hutan, serta kelas kerawanan tinggi sekitar 172,09 ha (9%) yang tersebar pada Dusun Takandeang, Salubiru, Limbeng, sebagian kecil wilayah Dusun Benteng Kata, Taloba dan Salumati. Tingkat kerawanan longsor Desa Takandeang disebabkan oleh faktor curah hujan sebagai faktor pemicu,

sedangkan faktor litologi dan erodibilitas tanah menjadi faktor pengontrol yang memiliki bobot yang sama dalam mempercepat kejadian longsor.

Kata Kunci: GIS, longsor, Takandeang, erodibilitas, tanah

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan fenomena bencana alam yang dapat terjadi pada musim penghujan, terutama di wilayah pegunungan dan perbukitan. Kejadian tanah longsor sangat sulit untuk diprediksi sehingga berpotensi menimbulkan bahaya bencana yang berdampak pada kehidupan manusia. Bahaya bencana tanah longsor ini dapat berupa korban jiwa ataupun kerusakan berbagai jenis infrastruktur sehingga sangat mempengaruhi kondisi sosial ekonomi masyarakat yang berada pada wilayah rawan longsor tersebut (National Agency for Disaster Management, 2023). Besarnya risiko bencana ini perlu dikaji agar kerugian yang ditimbulkan terhadap masyarakat pada suatu wilayah dapat diantisipasi (Abrauw, 2017).

Bencana tanah longsor yang terjadi di Indonesia pada umumnya adalah fenomena bencana hidrometeorologi yang disebabkan oleh kondisi iklim berupa pengaruh tingginya intensitas curah hujan. intensitas curah hujan yang tinggi mampu menyebabkan air meresap dan merusak struktur tanah/batuan yang kompak dan kedap air. Akibatnya tanah/batuan tersebut akan kehilangan stabilitasnya dan terbawa oleh aliran air sehingga menyebabkan terjadinya bencana longsor (Sobirin et al., 2017). Menurut Karnawati, (2005) curah hujan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya bencana longsor karena mampu mengubah kondisi suatu lereng dari rentan atau siap bergerak menjadi kondisi kritis dan akhirnya bergerak. Sedangkan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kondisi lereng meliputi faktor litologi, geologi, jenis tanah, dan tutupan lahan yang merupakan faktor-faktor pengontrol terjadinya bencana longsor.

Salah satu wilayah yang memiliki potensi bencana tanah longsor yang cukup tinggi tiap tahunnya adalah Kabupaten Mamuju, Indonesia. Pada tahun 2014 Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat Wilayah Kabupaten Mamuju mengalami 23 peristiwa kejadian bencana tanah longsor yang tersebar pada 9 wilayah Kecamatan berbeda yaitu, Kecamatan Mamuju, Papalang, Bonehau, Tommo, Kalukku, Tapalang Barat, Kalumpang, Sampaga, dan Tapalang. Kejadian bencana tanah longsor ini sangat berdampak pada kehidupan masyarakat karena merusak rumah dan lahan pertanian milik warga serta memutus jalan nasional yang merupakan penghubung antar Kabupaten (BPS Kabupaten Mamuju, 2014). Selain itu pada tahun 2019 Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Mamuju mendata sebanyak 62 kartu

keluarga menjadi korban bencana tanah longsor yang menimbulkan kerugian sebanyak 60 unit rumah warga mengalami rusak berat sehingga mengharuskan sekitar 273 jiwa orang melakukan pengungsian (BPBD Kabupaten Mamuju, 2019).

Salah satu wilayah Kabupaten Mamuju yang sering terdampak bencana tanah longsor adalah Desa Takandeang, Kecamatan Tapalang. Desa ini merupakan wilayah strategis yang menjadi penghubung antara Kabupaten Mamuju dan Kabupaten Majene. Berdasarkan data Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2023), ruas jalan poros Trans Sulawesi di Desa Takandeang yang merupakan jalan nasional penghubung antara Kabupaten telah mengalami 12 kejadian bencana tanah longsor yang tercatat dari tahun 2021 hingga tahun 2022. Kejadian bencana tanah longsor ini diduga dipengaruhi oleh tingginya intensitas curah hujan dan kondisi geografis wilayah yang 70% berada pada daerah yang berlereng. Menurut Data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2023), tercatat rata-rata jumlah curah hujan Desa Takandeang pada tahun 2022 mencapai hingga 3.613 mm/tahun.

Diperlukan pendataan tingkat kerawanan longsor di Desa Takandeang untuk mengurangi dampak bencana yang dapat ditimbulkan. Data tingkat kerawanan longsor digunakan untuk menunjukkan kawasan rawan bencana longsor sehingga dapat menjadi sumber informasi dan mitigasi bencana bagi semua pihak yang terlibat (Muhiddin et al., 2021). Penyajian data kerawanan longsor dapat di visualisasikan dalam bentuk Peta longsor yang memiliki kemampuan untuk menampilkan kawasan longsor dan membaginya menjadi beberapa zona atau kawasan tergantung seberapa bahaya longsor di wilayah tersebut (Małka, 2021). Keakuratan peta longsor yang dihasilkan sangat ditentukan oleh seberapa baik dan akurat parameter longsor yang digunakan (Ahmad et al., 2023). Penentuan klasifikasi tingkat bahaya kawasan bencana tanah longsor umumnya dibagi menjadi tiga kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi (Nusantara & Setianto, 2015).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian identifikasi kawasan rawan bencana tanah longsor di Desa Takandeang, Kecamatan Tapalang, Kabupaten Mamuju, sebagai bahan informasi kepada masyarakat sekitar terkait daerah rawan longsor, serta dapat dijadikan bahan pertimbangan kepada pihak terkait khususnya pemerintah daerah tentang kawasan potensi longsor di Desa Takandeang agar dapat dilakukan mitigasi bencana sedini mungkin.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Takandeang, Kecamatan Tapalang, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat, 2°47'16.8"S 118°51'32.6"E. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium

Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin 5°07'51.1"S 119°29'06.5"E.

Penelitian menggunakan ArcGis 10.8, GPS (global positioning system), kamera, bor tanah, ring sampel, palu dan betel. Adapun bahan yang digunakan adalah peta RBI skala 1:50.000, peta wilkerstat batas dusun, data DEM nasional 8m, peta geologi Desa Takandeang skala 1:25.000, peta jenis tanah skala 1:50.000, data citra tutupan lahan, data curah hujan badan meteorologi klimatologi dan geofisika 2016 – 2022, sampel tanah, sampel batuan, data validasi kemiringan lereng, data validasi tutupan lahan. data kejadian longsor.

2.1. Tahap Penelitian

Penelitian ini memiliki enam tahapan yang terdiri atas studi pustaka, pengumpulan data dan pembuatan peta kerja, survei lapangan dan pengambilan sampel, analisis laboratorium, analisis spasial, dan uji validasi data hasil analisis kerawanan longsor. Studi pustaka dilakukan untuk mengkaji teori dan konsep dasar yang telah diidentifikasi oleh peneliti sebelumnya untuk mendukung metodologi dan pembahasan sebagai acuan untuk membandingkan penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya, meliputi data-data kejadian longsor, identifikasi titik longsor, bahaya dan proses terjadinya longsor serta analisis potensi longsor.

Pada tahapan ini dilakukan proses pengumpulan berbagai parameter data yang diperlukan untuk mendukung proses penelitian, diantaranya yaitu berupa parameter sekunder yang diperoleh melalui penginderaan jauh menggunakan citra satelit sebagai acuan pembuatan peta kerja serta parameter primer melalui survei lapangan dan pengambilan sampel. Parameter sekunder yang dikumpulkan adalah data-data spasial faktor penyebab terjadinya bencana longsor yaitu data curah hujan (<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>), kemiringan lereng, jenis tanah, geologi, dan tutupan lahan bersumber dari data RePPPProT, (1988). Parameter primer yang dikumpulkan berupa validasi data kemiringan lereng, dan tutupan lahan serta data sampel tanah dan sampel batuan untuk analisis di laboratorium.

Penentuan batas-batas area unit lahan penelitian didasarkan hasil overlay data kemiringan lereng, tutupan lahan, jenis tanah, dan litologi. Batas-batas tersebut juga menjadi acuan dalam survei dan pengambilan sampel di lapangan. Untuk penentuan titik pengambilan sampel menggunakan metode purposive random sampling, setiap titik pengamatan mewakili satu unit lahan dengan karakteristik yang sama serta batasan tingkat ketererangan >15% yang didasarkan pada kelas lereng yang memiliki potensi terjadinya longsor sehingga diperoleh sembilan titik pengamatan. Peta titik pengamatan unit lahan lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

analisis pembuatan peta indentifikasi wilayah rawan longsor. Selengkapnya parameter dan metode analisis laboratorium sampel tanah dan sampel batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Sampel Laboratorium

Jenis Sampel	Parameter	Metode
Tanah	Tekstur	Hidrometer
	Struktur	Pengamatan Lapangan
	C-Organik	<i>Walkley and Black</i>
	Permeabilitas	Permeameter
Batuan	Karakteristik Fisik Batuan	Pengamatan Makroskopis

1.2 Analisis Spasial

Data-data spasial yang telah diperoleh berupa parameter curah hujan, litologi, kemiringan lereng, erodibilitas tanah, dan tutupan lahan kemudian dianalisis secara spasial dengan memberikan pembobotan nilai. Tujuan dari pembobotan nilai adalah untuk memberikan kuantifikasi setiap polygon pada peta yang menampilkan potensi terjadinya bencana tanah longsor. Analisis pembobotan data yang dilakukan menggunakan metode analisis Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (DVMBG, 2004).

Setelah dilakukan proses pembobotan, maka selanjutnya dilakukan proses *overlay* untuk menggabungkan peta-peta-peta dasar sebelumnya dengan jumlah area yang sama guna memperoleh satu peta baru mengenai tingkat kerawanan bencana longsor pada wilayah yang ditentukan. Untuk menyimpulkan nilai pembobotan klasifikasi daerah kawasan rawan bencana longsor tersebut digunakan Sistem Informasi Geospasial (SIG).

Hasil *overlay* data akan memperoleh satu peta wilayah kawasan bencana longsor, selanjutnya dilakukan pengelompokan kelas dengan melakukan penjumlahan skoring menggunakan persamaan yang didasarkan pada model pendugaan kawasan rawan bencana tanah longsor oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/DVMBG (2004).

Persamaan Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/DVMBG (2004).

$$\text{Skor} = \text{bobot} \times \text{harkat parameter longsor} \dots\dots\dots(2)$$

Tabel 2. Parameter Pembobotan Kawasan Bencana Tanah Longsor (DVMBG,2004)

Parameter	Klasifikasi	Harkat	Bobot
Curah Hujan	<1000	1	
Tahunan (mm/tahun)	1000-2000	2	
	2000-2500	3	30%
	2500-3000	4	
	>3000	5	

Erodibilitas Tanah	0-0.10 (Tidak Peka)	1	20%
	0.11-0.20 (Kurang Peka)	2	
	0.21-0.32 (Agak Peka)	3	
	0.33-0.55 (Peka)	4	
	0.56-0.64 (Sangat Peka)	5	
Litologi	Bahan Alluvial	1	20%
	Batuan Beku	2	
	Sedimen Klastik	3	
	(Batuan Piroklastik)/(Sedimen Non-Klastik)	4	
Tutupan Lahan	Hutan/Vegetasi Lebat	1	15%
	Semak Belukar	2	
	Perkebunan dan Sawah Irigasi	3	
	Kawasan Industri dan Pemukiman	4	
	Lahan-Lahan Kosong	5	
Kemiringan Lereng	<8% (datar)	1	15%
	8%-15% (landai)	2	
	25%-25% (agak curam)	3	
	25%-45% (curam)	4	
	>45% (sangat curam)	5	

Kemudian nilai penjumlahan skoring yang dilakukan dibagi kedalam 3 tingkatan kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan model pendugaan kawasan rawan tanah longsor oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi kerawanan kawasan rawan longsor (DVMBG, 2004)

Kelas Kerawanan	Nilai	Klasifikasi
1	< 2,27	Rendah
2	2,28 - 3,54	Sedang
3	>3,54	Tinggi

2. Uji Validasi Data

Tingkat kesuksesan klasifikasi pemetaan kawasan rawan longsor diperoleh dengan melakukan analisis uji validasi data menggunakan prinsip *logistic regression annalysis*. *logistic regression annalysis* adalah jenis analisis data yang dilakukan untuk mengidentifikasi korelasi atau keterhubungan antara beberapa jumlah variabel data (Raja et al., 2018). Adapun data yang di uji validasikan pada penelitian ini adalah hasil analisis kerawanan longsor menggunakan metode DVMBG dan data kejadian longsor yang diperoleh dari Kementerian PUPR SUL-BAR. Uji validasi dilakukan pada *software* ArcGIS 10.8 dengan *tools* *Receiving Operating Curve* (ROC) yang akan menghasilkan nilai akurasi berdasarkan *Area Under the Curve* (AUC). Hasil validasi data di klasifikasikan berdasarkan 5 kategori yaitu, 0.5 – 0.59 (gagal), 0.6 – 0.69 (buruk), 0.7 – 0.79 (cukup), 0.8 – 0.89 (baik), 0.9 – 1 (sangat baik). Semakin tinggi nilai AUC maka tingkat validasi data akan semakin baik.

Hasil validasi data akan digambarkan dalam bentuk kurva grafik ROC. Grafik ROC adalah grafik dua dimensi hubungan antara True Positive Rate (TPR) atau Sensitivity (sumbu Y) dengan False Positive Rate (FPR) atau 1- Specificity (sumbu X). Hubungan nilai TPR dan FPR saling terikat satu sama lain, apabila terjadi peningkatan pada TPR maka FPR akan mengalami penurunan begitu pula sebaliknya. Kurva grafik ROC AUC inilah yang menunjukkan tingkat probabilitas atau keakuratan dari data yang dianalisis.

Rumus True Positive Rate (sumbu Y) dan False Positive Rate (sumbu X) untuk ROC AUC adalah sebagai berikut:

$$TPR = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \dots\dots\dots(3)$$

$$FPR = \frac{\text{False Positive}}{\text{True Negative} + \text{False Positive}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

True positive : Jumlah record positif yang berhasil diklasifikasikan sebagai positif

True negative : Jumlah record negatif yang berhasil diklasifikasikan sebagai negatif

False positive : Jumlah record positif yang salah diklasifikasikan menjadi negatif

False negative : Jumlah record negatif yang salah diklasifikasikan sebagai positif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

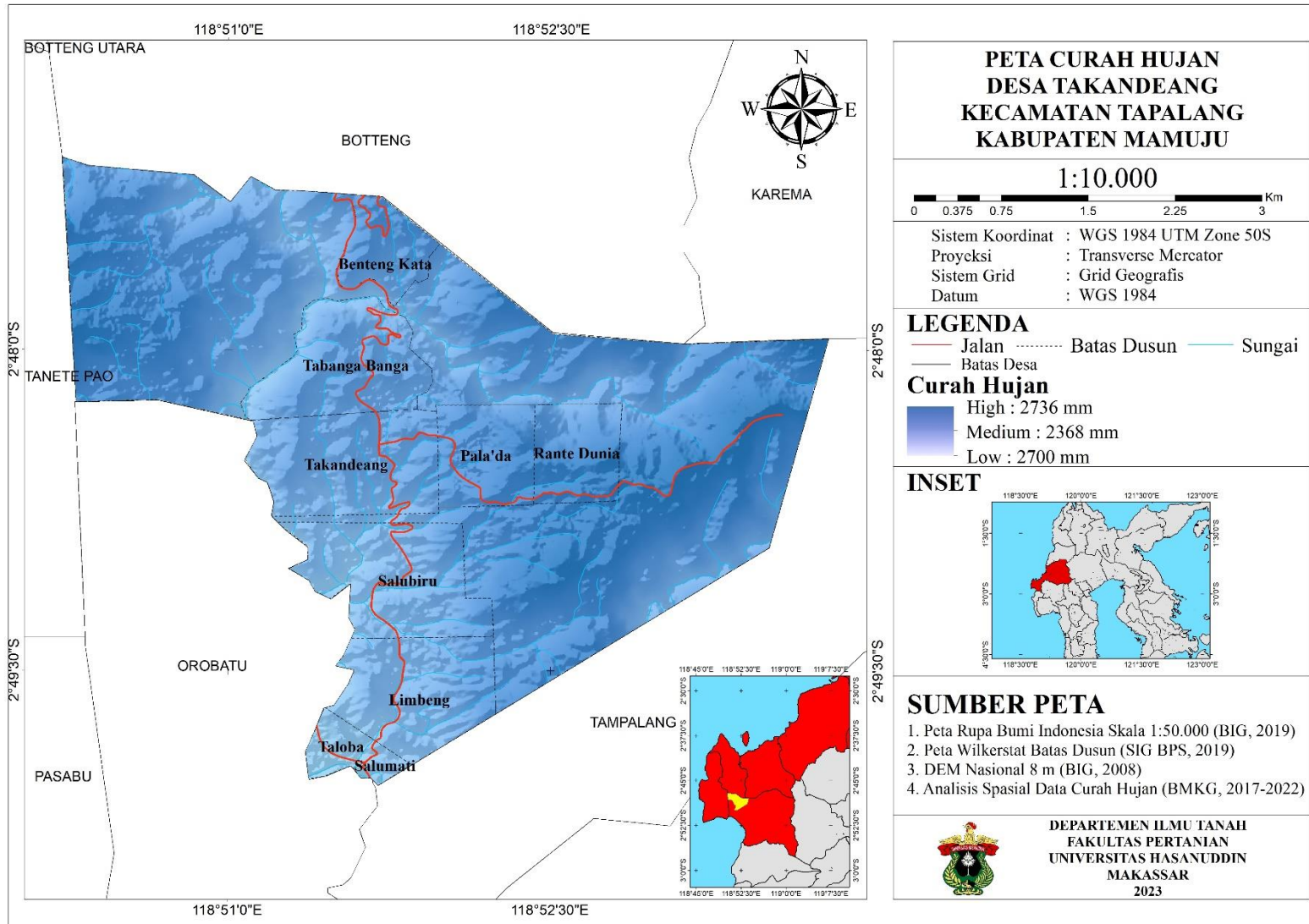
3.1 Curah Hujan

Berdasarkan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Desa Takandeang dalam periode 6 tahun terakhir (2017 – 2022) memiliki jumlah rata – rata curah hujan sebesar 2.736 mm/tahun dengan curah hujan terbesar terjadi pada bulan Oktober dengan rata-rata jumlah curah hujan 314,5 mm/bulan. Selengkapnya analisis data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Pembobotan Parameter Curah Hujan Desa Takandeang

Faktor Longsor	Kelas	Klasifikasi	Luas (ha)	Harkat	Bobot	Nilai
Curah Hujan (mm/tahun)	2.736	2.500-3.000	1.810,3	4	30%	1,2

Berdasarkan hasil analisis data kerawanan longsor menggunakan metode pembobotan DVMBG (2004) (Tabel 2). Desa Takandeang memiliki nilai pembobotan 1,2 untuk kategori parameter curah hujan dengan kisaran luas wilayah sekitar 1.810,3 ha. Berdasarkan data yang diperoleh dari BMKG (2023) dan analisis kerawanan longsor yang telah dilakukan (Tabel 4) rata – rata jumlah curah hujan Desa Takandeang termasuk dalam kategori tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Soenarmo *et al.*, (2008) yang menyatakan bahwa Indonesia yang beriklim tropis memiliki karakteristik rata-rata hujan yang tinggi dan menjadi salah satu faktor terjadinya bencana longsor karena dapat meningkatkan kandungan air dalam tanah sehingga mampu mempengaruhi kondisi stabilitas lereng. Selama periode waktu 2017 – 2022 tersebut rata-rata jumlah hari hujan dilokasi penelitian yaitu berkisar 13 hari dan curah hujan maksimumnya yaitu 62 mm/hari. Curah hujan terbesar terjadi pada bulan oktober dengan rata-rata sekitar 314,5 mm/bulan, untuk rata-rata hari hujan dan curah hujan harian maksimumnya yaitu masing-masing berkisar 16 hari dan 90 mm/hari. Intensitas curah hujan di lokasi penelitian ini memiliki potensi yang besar untuk terjadinya bencana longsor, hal ini sejalan dengan hasil pendataan Hidayat & Zahro, (2020) tentang ketentuan ambang batas curah hujan dalam memprediksi terjadinya bencana longsor yang menyatakan bahwa nilai ambang curah hujan penyebab tanah longsor berkisar yaitu 61 mm/ hari dan 91 mm/3 hari. Visualisasi curah hujan ini disajikan dalam bentuk peta curah hujan Desa Takandeang yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Curah Hujan Desa Takandeang

3.2 Litologi

Desa Takandeang memiliki tiga jenis satuan batuan yang diantaranya yaitu basalt leusit, tufa dan batugamping. Satuan batuan basalt leusit mendominasi 60% luas wilayah Desa Takandeang, kemudian diikuti oleh tufa dan batugamping yang masing-masing sebesar 30% dan 10% dari luas total wilayah hasil identifikasi. Selengkapnya analisis data litologi dapat dilihat pada Tabel 5.

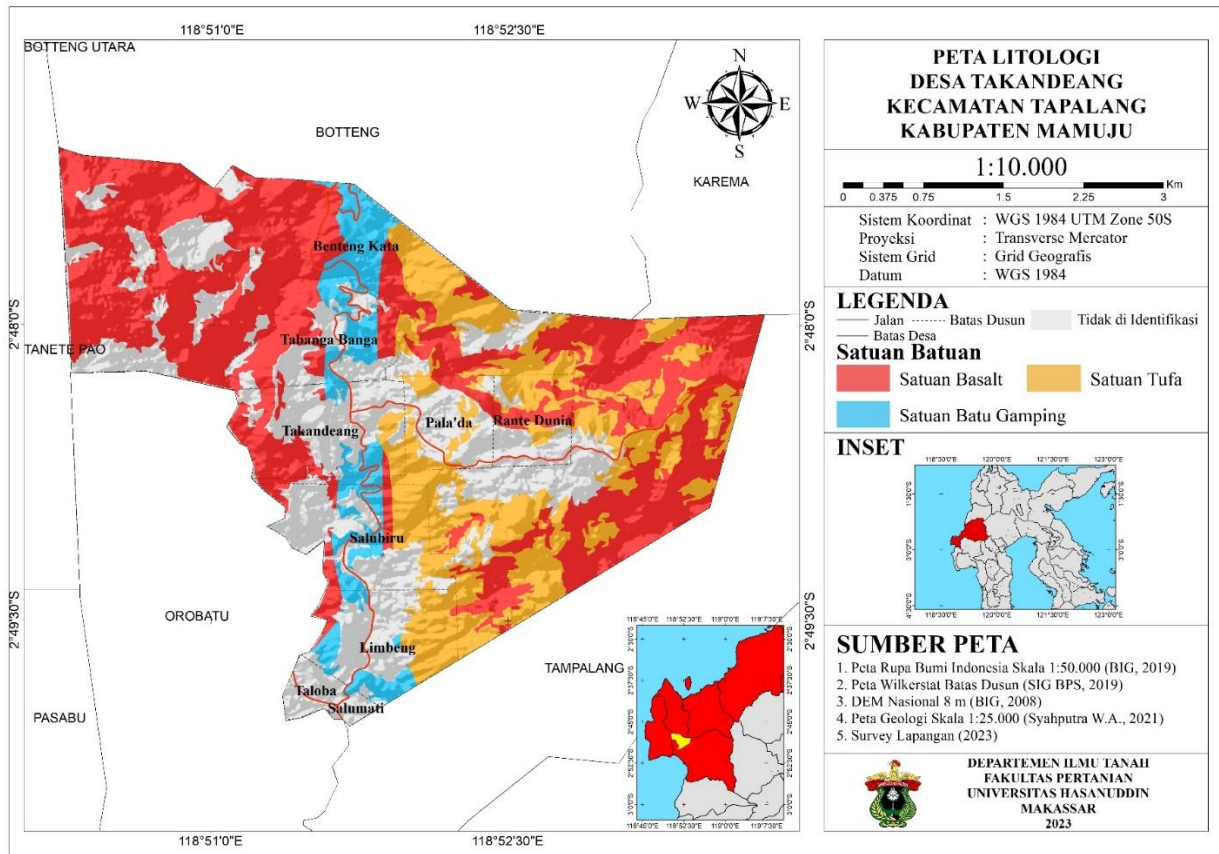
Klasifikasi jenis satuan batuan diperoleh dari hasil pengamatan makroskopis, batuan beku basalt leusit memiliki ciri warna segar hitam dan warna lapuk putih, kristalinitas hipokristalin, granularitas porfiritik, fabrik dengan bentuk anhedral dan relasi inequigranular, serta tersusun atas mineral-mineral plagioklas, piroksin, amphibol, dan leusit. Batuan tufa memiliki ciri warna segar hitam keabu-abuan dan warna lapuk kehitaman, tekstur klastik halus, sortasi baik, kemas tertutup, dan struktur yang berlapis. Batugamping memiliki ciri warna segar putih, warna lapuk coklat kehitaman, tekstur klastik halus, sortasi baik, dan kemas tertutup.

Tabel 5. Nilai Pembobotan Parameter Litologi Desa Takandeang

Faktor Longsor	Kelas	Klasifikasi	Luas (ha)	Harkat	Bobot	Nilai
Litologi	Basalt Leusit	Batuan Beku	777,36	2		0,4
	Tufa	Batuan Piroklastik	383,52	4	20%	0,8
	Batugamping	Sedimen Non-Klastik	126,3	4		0,8

Wilayah Desa Takandeang dengan sebaran satuan batuan basalt leusit memiliki bobot nilai 0,4 sedangkan wilayah dengan sebaran satuan batuan tufa dan batugamping masing masing memiliki pembobotan nilai 0,8. Sebesar 61% luas wilayah Desa Takandeang merupakan jenis batuan beku basalt leusit yang tersebar pada wilayah dengan tingkat kemiringan lereng >15% yang mampu meningkatkan potensi terjadinya bencana longsor. Hal ini sejalan dengan pendapat Firdaus and Yuliani, (2022) dan (Imran et al., 2012), menyatakan bahwa batuan beku basalt berpotensi meningkatkan terjadinya longsor pada suatu wilayah berlereng karena memiliki sifat padat, licin, dan kompak sehingga mampu menjadi medan gelincir dari material batuan dan tanah yang ada di atasnya dan mendorong material-material tersebut untuk bergerak. Selain itu intensitas curah hujan yang tinggi pada lokasi penelitian mampu meningkatkan tingkat pelapukan pada batuan dan mempengaruhi terjadinya bahaya longsor khususnya pada satuan batuan tufa dan batugamping lokasi penelitian yang memiliki tekstur dan struktur yang membentuk pori-pori yang mudah dilalui oleh air sehingga proses pelapukan batuan berjalan

dengan lebih cepat (Yu et al., 2021). Hal ini sejalan dengan pendapat Busthan *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa semakin mudah batuan untuk melapuk maka solum tanah yang terbentuk semakin dalam akibatnya massa tanah akan bertambah dan apabila pori-pori tanah tersebut dipenuhi oleh air dapat membuat stabilitas lereng semakin berkurang sehingga meningkatkan potensi terjadinya longsor. Visualisasi satuan batuan ini disajikan dalam bentuk peta litologi Desa Takandeang yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Litologi Desa Takandeang

3.3 Erodibilitas Tanah

Desa Takandeang memiliki tiga kelas erodibilitas tanah yaitu kurang peka (0,11-0,20), agak peka (0,21-0,32), dan peka (0,33-0,55) (Tabel 2). Erodibilitas dengan kelas agak peka mendominasi 35%, kemudian diikuti oleh kelas kurang peka dan peka yang masing-masing sebesar 34% dan 31% dari luas total wilayah Desa Takandeang yang diidentifikasi. Selengkapnya analisis data erodibilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 6.

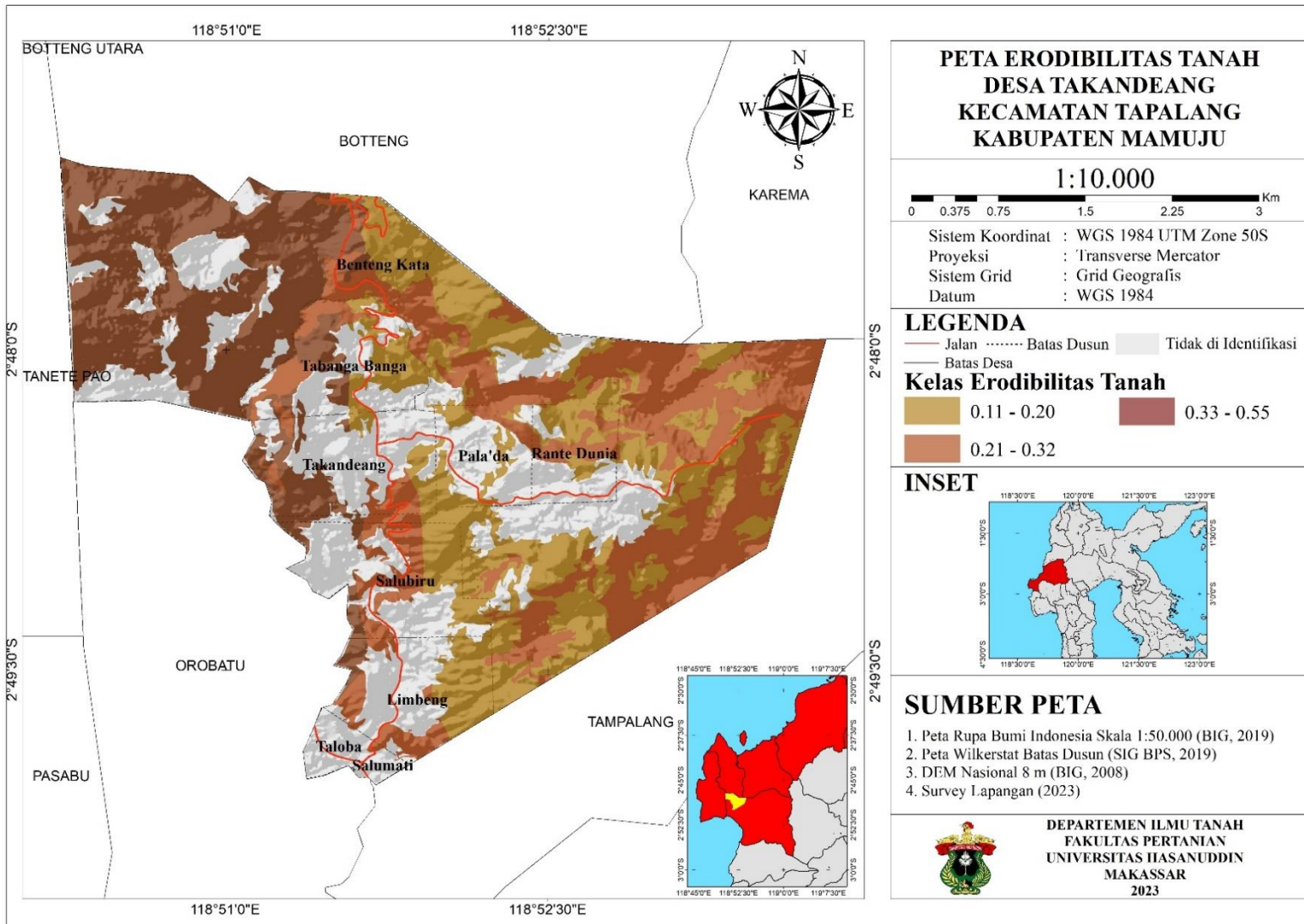
Tabel 6. Nilai Pembobotan Parameter Erodibilitas Tanah Desa Takandeang

Faktor Longsor	Kelas	Klasifikasi	Luas (ha)	Harkat	Bobot	Nilai
	0,11 – 0,20	Kurang Peka	435,0	2	20%	0,4

Erodibilitas	0,21 – 0,32	Agak Peka	456,2	3	0,6
Tanah	0,33 – 0,55	Peka	395,9	4	0,8

Faktor erodibilitas tanah mampu menggambarkan tingkat kepekaan tanah tersebut terhadap terjadinya erosi. Semakin mudah tanah untuk terangkut oleh air maka semakin tinggi potensi longsor yang dapat terjadi. Hal ini sejalan dengan pendapat Rofiq *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa erosi tanah dapat menimbulkan bahaya longsor karena material-material tanah yang hanyut terbawa oleh air. Selain itu, Hardjowigeno, (2015) juga menjelaskan bahwa kejadian bencana longsor merupakan salah satu kategori jenis erosi yang disebabkan oleh air.

Wilayah Desa Takandeang dengan sebaran erodibilitas kelas peka memiliki pembobotan nilai paling besar yaitu 0,8. Berdasarkan hasil analisis tanah di laboratorium (Lampiran 4), tingkat erodibilitas kategori peka ini dipengaruhi oleh tingginya kandungan debu dalam sampel tanah tersebut. kandungan debu ini membentuk tesktur tanah lempung berdebu dan struktur tanah granular yang mudah hancur serta banyak membentuk pori-pori pada tanah akibatnya laju infiltrasi semakin meningkat dan kemampuan tanah untuk terangkut oleh air semakin cepat dan meningkatkan potensi pengaruh terjadinya bencana longsor. Tingkat erosi kategori kurang peka dan agak peka dipengaruhi oleh tingginya kandungan liat pada sampel tanah lokasi penelitian. Kandungan liat tersebut membentuk tekstur tanah lempung berliat hingga liat dan struktur tanah yang lebih kuat serta memiliki kemampuan mengikat air lebih banyak karena mempunyai luas permukaan yang lebih besar. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo *et al.*, (2014) dan Lestari *et al.*, (2022) yang menunjukkan bahwa tanah dengan tekstur berdebu memiliki tingkat potensi menyebabkan longsor yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah bertekstur liat, sedangkan lokasi di Toraja Utara, longsor banyak disebabkan oleh tanah dengan kandungan liat yang dominan (Ahmad *et al.*, 2018) . Visualisasi erodibilitas tanah ini disajikan dalam bentuk peta erodibilitas tanah Desa Takandeang yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Erodibilitas Tanah Desa Takandeang

3.4 Kemiringan Lereng

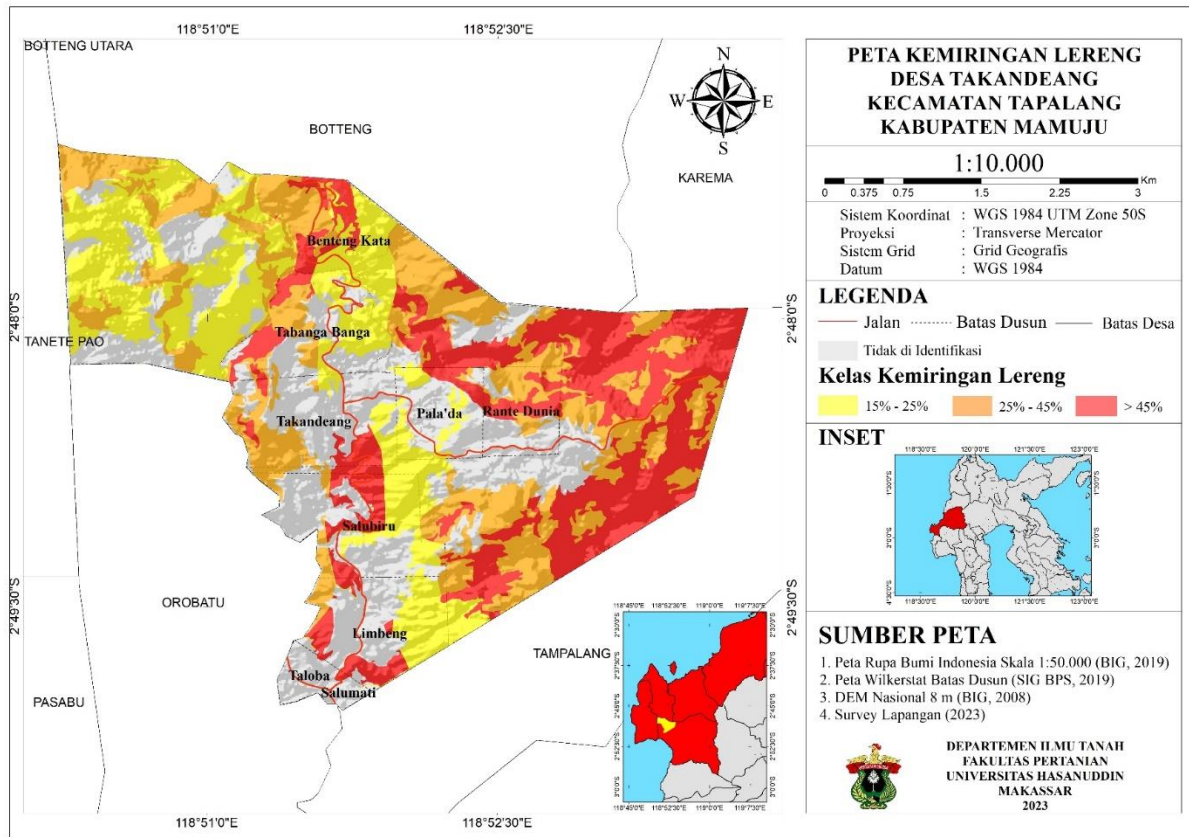
Desa Takandeang memiliki lima kelas kemiringan lereng yang diantaranya yaitu <8% (datar), 8% - 15% (landai), 15% – 25% (agak curam), 25% - 45% (curam) dan >45% (sangat curam). Wilayah Desa Takandeang yang pada umumnya merupakan wilayah pegunungan dan perbukitan didominasi oleh kelas kemiringan lereng agak curam hingga sangat curam yaitu sekitar 70% dari luas wilayah administrasinya, yang tentunya hal ini membuat potensi terjadinya bencana tanah longsor menjadi lebih besar. Selengkapnya analisis data kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Pembobotan Parameter Kemiringan Lereng Desa Takandeang

Faktor Longsor	Kelas	Klasifikasi	Luas (ha)	Harkat	Bobot	Nilai
Kemiringan Lereng	15%-25%	Agak Curam	395,5	3	15%	0,45
	25%-45%	Curam	458,1	4		0,60
	>45%	Sangat Curam	434,8	5		0,75

Wilayah Desa Takandeang dengan sebaran kelas kemiringan lereng sangat curam memiliki bobot nilai paling besar yaitu 0,75 yang melingkupi sekitar 24% dari total luas wilayah Desa Takandeang yang diidentifikasi. Data ini juga menunjukkan bahwa sekitar 70% wilayah Desa Takandeang dengan kelas agak curam hingga sangat curam memiliki potensi yang besar untuk terjadinya bencana tanah longsor. Wilayah lokasi penelitian merupakan wilayah dataran tinggi yang dipenuhi dengan pegunungan dan perbukitan. Adanya perbedaan antara dua titik ketinggian akan membentuk kemiringan lereng dan dapat menjadi salah satu faktor kontrol penyebab terjadinya longsor karena mampu mempengaruhi tingkat stabilitas permukaan lahan terhadap gaya gravitasi. Kemiringan lereng Desa Takandeang memiliki nilai pembobotan yang bervariasi yang dipengaruhi oleh beragamnya kategori kelas lereng di lokasi penelitian. Namun, berdasarkan sebarannya kemiringan lereng didominasi oleh tingkat kemiringan curam dan sangat curam sehingga potensi terjadinya bahaya longsor sangat mungkin terjadi. Hal ini sesuai dengan pendapat Fadilah *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa lereng yang curam meningkatkan terjadinya longsor, semakin besar kemiringan kereng maka semakin besar pula potensi terjadinya longsor. Meskipun begitu, Arsyad *et al.*, (2018) juga menambahkan bahwa tidak semua lereng dengan kondisi miring memiliki potensi untuk menimbulkan bahaya longsor, karena terjadinya longsor pada suatu lereng juga tergantung oleh karakteristik lereng tersebut dan responya terhadap faktor-faktor lain misalnya curah hujan. Visualisasi kemiringan

lereng ini disajikan dalam bentuk peta kemiringan lereng Desa Takandeang yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Kemiringan Lereng Desa Takandeang

3.5 Tutupan Lahan

Desa Takandeang memiliki tiga jenis tutupan lahan yang diantaranya yaitu hutan, pertanian lahan kering, dan pemukiman. Tutupan Lahan hutan mendominasi 69% luas wilayah Desa Takandeang, kemudian diikuti oleh tutupan lahan pertanian lahan kering dan pemukiman yang masing-masing sebesar 30% dan 1% dari luas total wilayah. Selengkapnya analisis data tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Pembobotan Parameter Tutupan Lahan Desa Takandeang

Faktor Longsor	Klasifikasi	Luas (ha)	Harkat	Bobot	Nilai
	Hutan	893,2	1		0,15
Tutupan Lahan	Pertanian Lahan Kering	384,5	3	15%	0,45
	Pemukiman	9,5	4		0,60

Wilayah hutan mendominasi 893,2 ha atau sekitar 69% luas lokasi penelitian dengan bobot kerawanan longsor tutupan lahan paling rendah yaitu sekitar 0,15. Bobot nilai ini menunjukkan bahwa tutupan lahan hutan memiliki potensi terjadinya longsor paling rendah diantara tutupan

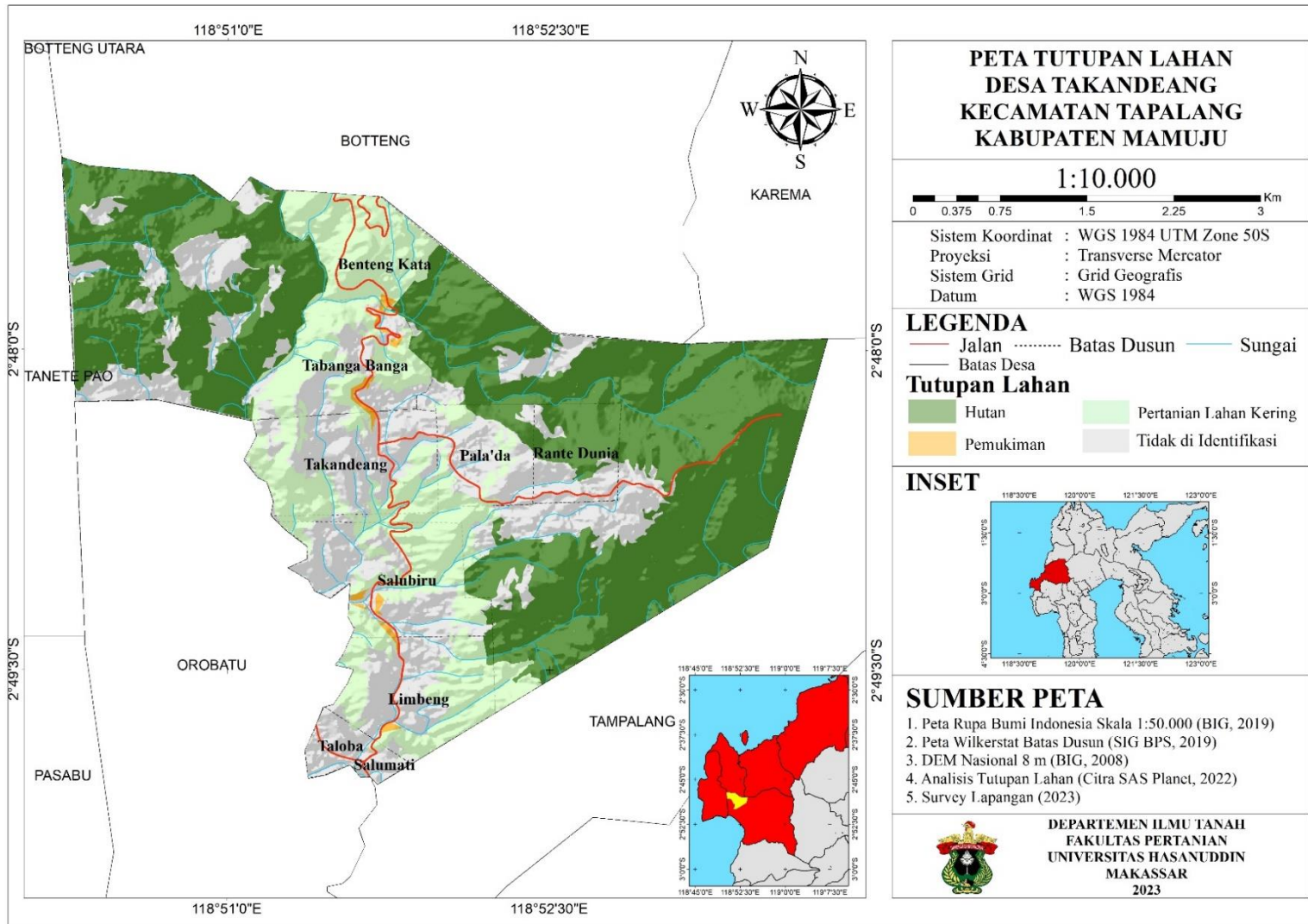
lahan lainnya karena pengaruh vegetasi yang tumbuh di kawasan hutan mampu mengurangi penjumlahan air oleh tanah yang disebabkan oleh hujan sehingga meminimalkan terjadinya longsor. Hal ini sejalan dengan penelitian Yuliastrin, (2019) yang menyatakan bahwa vegetasi hutan yang banyak mampu mengendalikan stabilitas tanah pada lereng melalui perakaran yang mengikat tanah sehingga mengurangi terjadinya longsor. Namun, Arsyad *et al.*, (2018) juga menambahkan bahwa kemungkinan terjadinya longsor pada daerah berlereng dengan vegetasi dan massa pohon yang besar serta jarak tanam yang rapat masih dapat terjadi, hal itu dikarenakan faktor tersebut masih kurang efektif untuk menjaga stabilitas lereng ketika terjadi hujan yang lebat dalam waktu yang lama. Untuk tutupan lahan pertanian lahan kering dan pemukiman hanya memiliki luas sekitar 384,5 ha dan 9,5 ha atau sekitar 30% dan 1% dari luas lokasi penelitian hasil identifikasi, namun wilayah ini memiliki bobot kerawanan yang tinggi yaitu masing-masing bernilai 0,45 dan 0,6. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa potensi terjadinya longsor lebih besar bila dibandingkan dengan wilayah hutan. Sejalan dengan pendapat Susanti *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa wilayah yang telah dipengaruhi oleh aktivitas manusia pada lokasi berlereng meningkatkan potensi terjadinya longsor. Visualisasi tutupan lahan ini disajikan dalam bentuk peta tutupan lahan Desa Takandeang yang dapat dilihat pada Gambar 6.

3.1 Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan data hasil analisis, Desa Takandeang memiliki tiga jenis kelas kerawanan longsor yang diantaranya yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Sekitar 9% dari luas wilayah Desa Takandeang didominasi oleh kelas tingkat kerawanan yang tinggi dan memiliki potensi terhadap terjadinya bencana tanah longsor paling besar. Kelas kerawanan longsor sedang dan rendah masing-masing memiliki luas sebesar 62% dan 29% dari luas total wilayah. Selengkapnya analisis data kawasan rawan bencana tanah longsor dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Klasifikasi Rawan Bencana Longsor Desa Takandeang

Kelas	Klasifikasi Rawan Longsor	Luas (ha)	Jumlah Data Kejadian Longsor
< 2,27	Rendah	522,86	0
2,28 - 3,54	Sedang	1115,21	4
>3,54	Tinggi	172,09	8



Gambar 6. Peta Tutupan Lahan Desa Takandeang

Berdasarkan data kejadian longsor yang diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KPUUR) Sulawesi Barat, Terdapat 12 kejadian bencana tanah longsor yang terjadi di Wilayah Desa Takandeang dalam rentang tahun 2021 – 2022. Dari 12 lokasi kejadian bencana tanah longsor, 9 kejadian diantaranya terjadi pada wilayah rawan longsor kelas tinggi. Hasil identifikasi kawasan rawan bencana longsor Desa Takandeang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

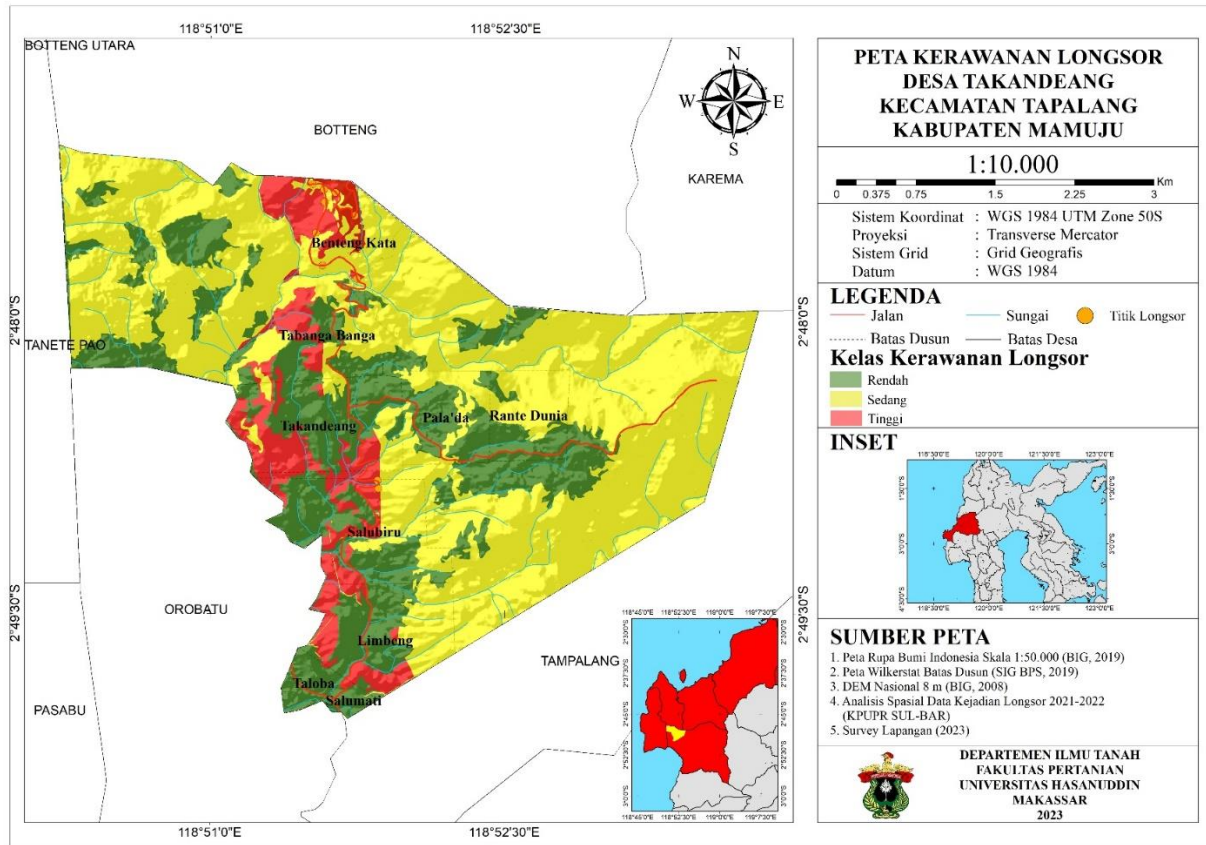
Tabel 10. Kawasan Wilayah Rawan Bencana Tanah Longsor Desa Takandeang

Wilayah Dusun	Luas Wilayah (ha)	Luas klasifikasi Rawan Longsor (ha)			Jumlah Kejadian Longsor (2021-2022)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
		Benteng Kata	45.78	0	
Salubiru	131.06	66,16	36,35	28,55	2
Tabanga Banga	116.02	43,70	49,92	22,40	0
Takandeang	134.18	74,36	17,81	42,01	0
Pala'da	72.52	44,17	28,35	0,00	0
Rante Dunia	62.46	26,04	36,42	0,00	0
Limbeng	116.61	54,45	35,27	26,89	0
Taloba	22.58	22,22	0,00	0,36	0
Salumati	8.66	8,03	0,00	0,63	0

Hasil identifikasi Kawasan Rawan bencana tanah longsor di Desa Takandeang menunjukkan beberapa wilayah yang memiliki tingkat kerawanan kelas tinggi diantaranya yaitu wilayah Dusun Takandeang, Salubiru, Limbeng serta sebagian kecil wilayah Dusun Benteng Kata, Taloba dan Salumati. Dusun Desa Takandeang, kelas kerawanan sedang dengan luas 1115,21 ha (62%) yang tersebar disebagian besar wilayah timur, dan barat Desa Takandeang berupa kawasan hutan, dan kelas kewanan tinggi sekitar 172,09 ha (9%) yang tersebar pada Dusun Takandeang, Salubiru, Limbeng serta sebagian kecil wilayah Dusun Benteng Kata, Taloba dan Salumati. Sebagian besar wilayah Desa Takandeang tergolong ke dalam tingkat kerawanan longsor sedang dan memerlukan Tindakan mitigasi berupa konservasi tanah dan air untuk meminimalisir kejadian longsor di kemudian hari.

Tingginya tingkat kerawanan ini sangat dipengaruhi oleh faktor pemicu longsor yaitu curah hujan yang memiliki nilai pembobotan paling besar. Curah hujan merupakan faktor dominan yang memicu kejadian longsor di beberapa wilayah di dunia (Samia et al., 2017). Namun, besarnya ancaman bahaya longsor pada lokasi ini juga tidak terlepas dari parameter faktor

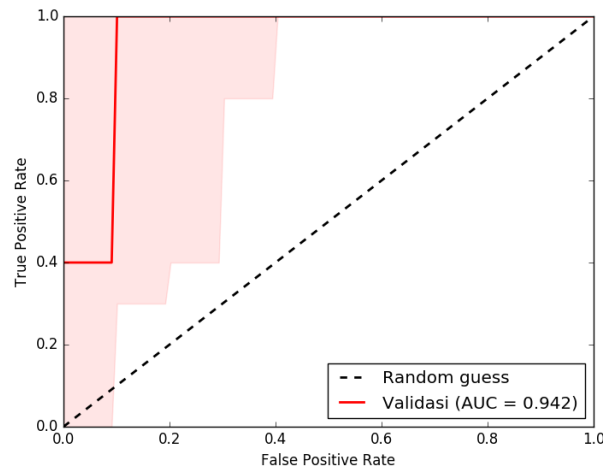
pengontrol berupa faktor litologi, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Hal ini sejalan dengan pendapat Karnawati, (2007) yang menyatakan bahwa bahaya bencana tanah longsor dipengaruhi oleh faktor pemicu yang berasal dari luar dan faktor pengontrol yang berasal dari dalam material itu sendiri. Visualisasi kawasan rawan bencana longsor ini disajikan dalam bentuk peta kerawanan longsor yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Kerawanan Longsor Desa Takandeang

3.2 Uji Validasi Data

Hasil analisis validasi data yang dilakukan menggunakan kurva ROC/AUC menunjukkan angka 0,932 yang mengategorikan bahwa tingkat kesuksesan hasil analisis data kerawanan longsor memiliki nilai sangat baik dalam mempresentasikan bahaya kerawanan longsor pada daerah penelitian di Desa Takandeang. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Fadilah *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa, nilai AUC bervariasi dari 0.5 – 1. Semakin tinggi nilai AUC maka tingkat validasi data akan semakin baik. Selengkapnya hasil analisis dari kurva ROC dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva ROC validasi data kerawanan longsor Desa Takandeang, dengan nilai AUC = 0,9

4. KESIMPULAN

Curah hujan menjadi faktor pemicu terjadinya longsor di Desa Takandeang dengan karakteristik rata-rata curah hujan sebesar 2.736 mm/tahun, sedangkan faktor pendorong dikontrol oleh kondisi litologi dari satuan tufa dan batugamping yang telah melapuk dengan nilai bobot 0,60 dan erodibilitas tanah dengan bobot 0,67. Kelas kerawanan longsor terbagi menjadi tiga, yaitu rendah dengan luas 522,86 ha (29%) yang tersebar di sebagian besar wilayah Dusun Desa Takandeang, kelas kerawanan sedang dengan luas 1115,21 ha (62%) yang tersebar disebagian besar wilayah timur, dan barat Desa Takandeang berupa kawasan hutan, dan kelas kewanan tinggi sekitar 172,09 ha (9%) yang tersebar pada Dusun Takandeang, Salubiru, Limbeng serta sebagian kecil wilayah Dusun Benteng Kata, Taloba dan Salumati. Sebagian besar wilayah Desa Takandeang tergolong ke dalam tingkat kerawanan longsor sedang dan memerlukan Tindakan mitigasi berupa konservasi tanah dan air untuk meminimalisir kejadian longsor di kemudian hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrauw, R. D. (2017). Wilayah Rawan Longsor di Kota Jayapura. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 1(1), 14–28.
- Ahmad, A., Farida, M., Juita, N., & Jayadi, M. (2023). Soil micromorphology for modeling spatial on landslide susceptibility mapping: a case study in Kelara Subwatershed, Jeneponto Regency of South Sulawesi, Indonesia. *Natural Hazards*, 118(2), 1445–1462. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06063-1>

- Ahmad, A., Poch, R. M., Lopulisa, C., Imran, A. M., & Baja, S. (2018). Identification of Soil Characteristic on North Toraja Landslide, Indonesia. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(21), 8381–8385.
- Arsyad, U., Barkey, R., Wahyuni, & Matandung, K. K. (2018). Karakteristik Tanah Longsor di Daerah Aliran Sungai Tangka. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 10(1), 203–214.
- BMKG. (2023). *Data Curah hujan*. Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Stasiun Meteorologi Majena.
- Busthan, Priadi, Moncai, V. W. O., & Abdillah, R. (2021). Tinjauan Geologis Potensi Bencana Tanah Longsor Pada Ruas Jalan Sungguminasa Malino Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 9(1), 25–38.
- Fadilah, N., Arsyad, U., & Soma, A. S. (2019). Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Menggunakan Metode Frekuensi Rasio Di Daerah Aliran Sungai Bialo. *Jurnal Perennial*, 15(1), 42–50.
- Firdaus, M. I., & Yuliani, E. (2022). Kesesuaian Lahan Permukiman Terhadap Kawasan Rawan Bencana Longsor Di Kecamatan Bandarmangu Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(2), 216.
- Hardjowigeno, S. (2015). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hidayat, R., & Zahro, A. A. (2020). Penentuan Ambang Curah Hujan Untuk Memprediksi Kejadian Longsor. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1), 1–10.
- Imran, A. M., Azikin, B., & Sultan. (2012). Peranan Aspek Geologi Sebagai Penyebab Terjadinya Longsoran Pada Ruas Jalan Poros Malino – Sinjai (the Role of Geological Aspects As the Cause of Landslides At Road Malino - Sinjai). *Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology)*, 22(3), 185–196.
- Karnawati, D. (2005). *Bencana Alam Gerak Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Karnawati, D. (2007). Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempabumi; Tinjauan Dan Analisis Geologi Teknik. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, Vol.7(No.2), 179–190.
- KPUPR. (2023). *Data Kejadian Longsor Desa Takandeang Kec. Tapalang Kab. Mamuju Tahun 2023*. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Lestari, O. P., Utami, S. R., & Agustina, C. (2022). Pengaruh Batuan Dan Seresah Pada Permukaan Tanah Terhadap Pendugaan Longsor Hasil Simulasi. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 347–354.
- Maika, A. (2021). Landslide susceptibility mapping of Gdynia using geographic information system-based statistical models. In *Natural Hazards* (Vol. 107, Issue 1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04599-8>

- Muhiddin, A. ., Nur, S. ., Harianto, T., Djamaluddin, R., Arsyad, A., & Suprapti, A. (2021). Sosialisasi Mitigasi Bencana pada Daerah Rawan Longsor. *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)*, 4(2), 129–136.
- National Agency for Disaster Management. (2023). *Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI)* (Vol. 01). Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://inarisk.bnppb.go.id>
- Nusantara, Y. P., & Setianto, A. (2015). Pemetaan Bahaya Tanah Longsor Dengan Metode Frequency Ratio di Kecamatan Piyungan dan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 (Academia-Industry Linkage, Graha Sabha Pramana)*, 513–522.
- Raja, N. B., Çiçek, I., Türkoğlu, N., Aydin, O., & Kawasaki, A. (2018). Correction to: Landslide susceptibility mapping of the Sera River Basin using logistic regression model (Natural Hazards, (2017), 85, 3, (1323-1346), 10.1007/s11069-016-2591-7). *Natural Hazards*, 91(3), 1423. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3145-3>
- RePPPProT. (1988). *Regional Physical Planning Programme fo Transmigration. Tinjauan Hasil-Hasil Tahap I Sulawesi*. Direktorat Bina Program dan Direktorat Jenderal Penyiapan Pemukiman Departemen Transmigrasi.
- Rofiq, N. F. A., Utami, S. R., & Agustina, C. (2022). Simulasi Pendugaan Longsor: Pengaruh Intensitas Hujan Pada Tanah Dengan Tekstur Dan Kandungan Bahan Organik Yang Berbeda. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 355–364.
- Samia, J., Temme, A., Bregt, A., Wallinga, J., Guzzetti, F., Ardizzone, F., & Rossi, M. (2017). Do landslides follow landslides? Insights in path dependency from a multi-temporal landslide inventory. *Landslides*, 14(2), 547–558. <https://doi.org/10.1007/s10346-016-0739-x>
- Sobirin, Sitanala, F. T. R., & Ramadhan, M. (2017). Analisis Potensi Dan Bahaya Bencana Longsor Menggunakan Modifikasi Metode Indeks Storie Di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. *Industri Research Workshop and National Seminar Politeknik Negeri Bandung*, 59–64.
- Soenarmo, S. H., Sadisun, I. A., & Saptohartono, E. (2008). Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Geoaplika*, 3(3), 133–141.
- Susanti, D. P., Miardini, A., & Harjadi, B. (2017). Analisis Kerentanan Tanah Longsor Sebagai Dasar Mitigasi Di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 1(1), 49–59.
- Wibowo, S. B., Widianto, & Sudarto. (2014). Pengaruh Kemiringan Batas Horison Terhadap Waktu Pelongsoran Pada Tanahdominan Debu Dan Liat. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 61–68.
- Yu, X., Zhang, K., Song, Y., Jiang, W., & Zhou, J. (2021). Study on landslide susceptibility mapping based on rock–soil characteristic factors. *Scientific Reports*, 11(15476), 1–27. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94936-5>

Yuliastrin, A. (2019). Ancaman Bencana Longsor Di Hutan Lindung Bukit Tiban, Batam. *In: Seminar Nasional Matematika, Sains, Dan Teknologi Fakultas Sains Dan Teknologi*, 87–94.