



## Identifikasi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor di Provinsi Sulawesi Tengah

### *Identification of Landslide Vulnerability in Central Sulawesi Province*

Sunardi\*, Nurmasiyita Angraini, Solih Alfiandy, Asep Firman Ilahi

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Lore Lindu Bariri, Jl. Abdul Rahman Saleh, Kota Palu, Sulawesi Tengah, 94231

\*Email: sunardigawpalu@gmail.com

*Naskah Masuk: 22 November 2022 | Naskah Diterima: 26 Desember 2022 | Naskah Terbit: 31 Desember 2022*

**Abstrak.** Bencana tanah longsor merupakan suatu kejadian yang berhubungan dengan berbagai jenis faktor seperti presipitasi, geologi, jarak dari patahan, vegetasi, dan topografi. Wilayah Sulawesi Tengah merupakan wilayah yang memiliki banyak perbukitan dan pegunungan serta jenis tanah yang berpasir dengan total curah hujan tahunan yang bervariasi karena letak geografis dan kondisi topografinya yang membuat wilayah ini memiliki tipe hujan yang didominasi oleh tipe lokal kering serta sangat kering maupun basah hingga sangat basah, sehingga menarik untuk dijadikan sebagai wilayah penelitian. Berdasarkan latarbelakang masalah yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui wilayah yang rawan terhadap bencana tanah longsor di Provinsi Sulawesi Tengah. Jenis data – data yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan tanah longsor yakni curah hujan, tipe batuan, kelerengan, tutupan lahan dan jenis tanah. Adapun sistem pemetaan yang digunakan yaitu menggunakan *software* sistem informasi geografis (SIG) dengan metode *overlay* berbobot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerawanan tanah longsor di wilayah Sulawesi Tengah didominasi oleh tingkat kerawanan sedang. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa bencana tanah longsor akan terjadi apabila nilai seluruh faktor (parameter) penyebabnya terpenuhi.

**Kata Kunci:** Longsor, *Overlay* Berbobot, Sulawesi Tengah

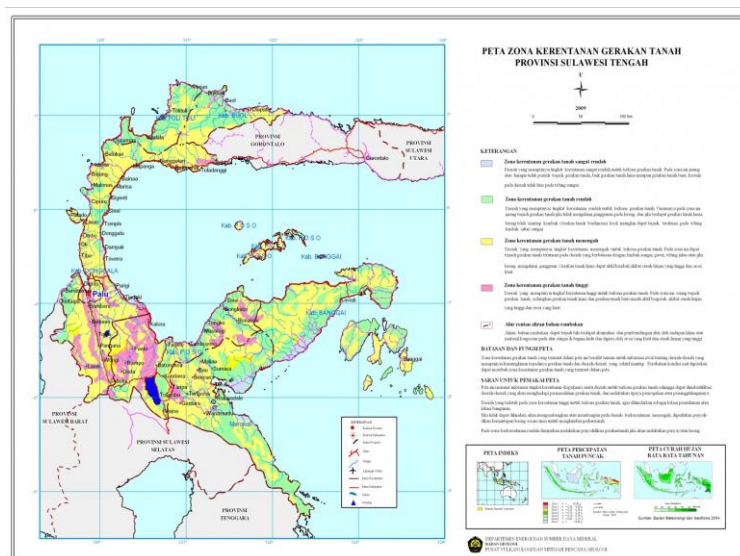
**Abstract.** The Landslide disaster is an event that is associated with various types of factors such as precipitation, geology, distance from the fault, vegetation, and topography. The Central Sulawesi region is an area that has many hills and mountains as well as sandy soil types with a total annual rainfall that varies due to geographical location and topographical conditions which make this region have a type of rain which is dominated by local dry types and very dry or wet to very wet, so it is interesting to be used as a research area. Based on the background of the problems that have been described, this study aims to determine areas that are prone to landslides in Central Sulawesi Province. The types of data used to determine the level of vulnerability to landslides are rainfall, rock type, slope, land cover and soil type. The mapping system used is geographic information system (GIS) software with a weighted overlay method. The results showed that the level of vulnerability to landslides in the Central Sulawesi region was dominated by the moderate level of vulnerability. Based on the research results, it can be concluded that landslides will occur if the values of all the factors (parameters) that cause them are met.

**Keywords:** Landslide, Weighted Overlays, Central Sulawesi

**Pendahulun**

Kejadian tanah longsor merupakan kejadian yang berhubungan dengan berbagai jenis faktor seperti presipitasi, geologi, jarak dari patahan, vegetasi, dan topografi. (Wang dkk, 2017) <sup>[1]</sup>. Menurut Sobirin dkk (2017) Longsor dapat menimbulkan dampak yang mempengaruhi kehidupan manusia, salah satunya yaitu rusaknya penggunaan lahan karena tertimbun oleh material longsor <sup>[2]</sup>. Akibat lanjutannya berupa kegiatan masyarakat menjadi terganggu yang dapat menimbulkan kerugian secara fisik maupun non fisik. Atas dasar itu, informasi awal mengenai risiko tingkat kerawanan bencana tanah longsor menjadi salah satu media informasi yang dapat digunakan sebagai acuan dasar dalam tanggap bencana bagi masyarakat di wilayah yang rawan terhadap bencana alam tersebut <sup>[3]</sup>.

Wilayah Sulawesi Tengah merupakan wilayah yang memiliki banyak perbukitan dan pegunungan serta jenis tanah yang berpasir dengan total curah hujan tahunan yang bervariasi karena letak geografis dan kondisi topografinya yang membuat wilayah ini memiliki tipe hujan yang didominasi oleh tipe lokal kering serta sangat kering maupun basah hingga sangat basah <sup>[4]</sup> sehingga potensi terjadinya gerakan massa tanah maupun batuan cukup rawan. Hal tersebut didukung oleh peta zona kerentanan gerakan tanah Provinsi Sulawesi Tengah dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral yang disajikan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa Provinsi Sulawesi Tengah memiliki tingkat kerentanan gerakan tanah dengan kategori sangat rendah hingga tinggi yang didominasi oleh kategori kerentanan gerakan tanah tingkat menengah. Berdasarkan data BNPB di tahun 2021 <sup>[5]</sup>, Sulawesi Tengah tercatat mengalami 4 kejadian tanah longsor seperti korban meninggal, hilang, terluka, dan kerugian materil.



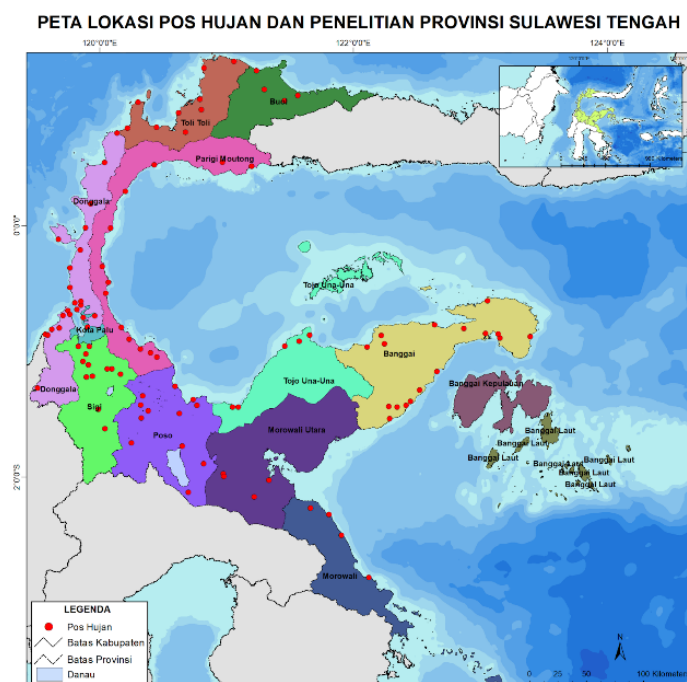
**Gambar 1.** Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Provinsi Sulawesi Tengah

Kerugian yang diakibatkan oleh bencana tanah longsor mendorong adanya mitigasi bencana tanah longsor. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi bencana tanah longsor susulan dan akibat yang ditimbulkan dari bencana tersebut. Menurut Tarigan (2022) Mitigasi bencana tanah longsor bisa dibagi sebagai dua jenis, yaitu mitigasi struktural dan non struktural <sup>[6]</sup>. Mitigasi struktural meliputi pembuatan infrastruktur yang kuat yang bisa meminimalisir akibat dari bencana tanah longsor. Sedangkan salah satu mitigasi non struktural yang dapat dilakukan yaitu dengan cara melakukan pembuatan peta rawan tanah longsor. Tahap pemetaan menjadi tahap awal dan menjadi sangat penting dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui wilayah yang termasuk dalam rawan bencana tanah longsor. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus untuk mengidentifikasi wilayah yang rawan terhadap bencana tanah longsor di Provinsi Sulawesi Tengah.



## Metode Penelitian

Provinsi Sulawesi Tengah terletak pada posisi 2°22'LU dan 3°48'LS, serta 119°22' dan 124°22'BT. Luas wilayah Sulawesi Tengah adalah 61.383 km<sup>2</sup> (Gambar 2). Secara administratif terbagi dalam 12 kabupaten dan 1 kota, yakni Kabupaten Banggai, Banggai Kepulauan, Banggai Laut, Buol, Donggala, Morowali, Morowali Utara, Parigi Moutong, Poso, Sigi, Tojo Una – Una, Toli – Toli serta Kota Palu. Batas – batas wilayah Provinsi Sulawesi Tengah adalah Laut Sulawesi dan Provinsi Gorontalo (Utara), Provinsi Maluku (Timur), Provinsi Sulawesi Barat dan Sulawesi Tenggara (Selatan) dan Selat Makasar (Barat). Pada tahun 2021, Provinsi Sulawesi Tengah memiliki 102 lokasi pos hujan aktif yang tersebar di seluruh Kabupaten dan Kota di Sulawesi Tengah. Pos – pos hujan ini berada dalam pantauan Stasiun Pemantau Atmosfer global Lore Lindu Bariri sebagai Koordinator Layanan Klimatologi Provinsi Sulawesi Tengah, Unit Pelaksana Teknis Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).



**Gambar 2.** Peta Lokasi Pos Hujan dan Wilayah Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *software* Sistem Informasi Geografis (SIG). Kemudian, data – data yang digunakan dalam pembuatan peta rawan tanah longsor yaitu Peta Administrasi wilayah Sulawesi Tengah, Total Curah Hujan Tahunan, Jenis Batuan, Tingkat Kelerengan, Tutupan Lahan dan Jenis Tanah. Peta Administrasi Sulawesi Tengah, dan Jenis Batuan, serta Tingkat Kelerengan bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Peta Tutupan Lahan 2019 bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Berikutnya, data curah hujan yang didapatkan dari Database Stasiun Pemantau Atmosfer Global Lore Lindu Bariri periode tahun 1991 – 2021. Sedangkan peta jenis tanah bersumber dari *Food and Agriculture Organization (FAO) Digital Soil Map of the World (DSMW)*.

Pemetaan wilayah rawan longsor di Sulawesi Tengah ini menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *overlay* berbobot. Sistem Informasi Geografis merupakan sejenis *software* yang dapat digunakan untuk pemasukan, penyimpanan, manipulasi, menampilkan, dan keluaran informasi geografis berikut atribut – atributnya <sup>[7]</sup>. Sedangkan *overlay* berbobot secara singkatnya adalah proses menampilkan suatu peta digital pada peta digital yang lain beserta atribut – atributnya dan menghasilkan peta gabungan keduanya yang memiliki informasi atribut dari kedua peta tersebut <sup>[8]</sup>.

Overlay berbobot adalah proses penyatuan peta – peta dan atributnya dengan pemberian bobot pada tiap parameter berdasarkan pengaruhnya terhadap suatu kejadian <sup>[9]</sup>.

**Tabel 1.** Skor Parameter Penyebab Tanah Longsor

Parameter	Klasifikasi	Skor
Curah Hujan (mm/tahun)	Sangat basah (>3000)	5
	Basah (2501 – 3000)	4
	Sedang (2001 – 2500)	3
	Kering (1501 – 2000)	2
	Sangat kering (<1500)	1
Tipe Batuan	Batuan vulkanik	3
	Batuan sedimen	2
	Batuan aluvial	1
Tingkat Kelerengan (%)	>45	5
	30 – 45	4
	15 – 30	3
	8 – 15	2
	<8	1
Tutupan lahan	Tegalan, sawah	5
	Semak belukar	4
	Hutan dan perkebunan	3
	Kota/permukiman	2
	Tambak, waduk, perairan	1
Jenis tanah	Regosol	5
	Andosol, podsolik	4
	Latosol coklat	3
	Asosiasi latosol coklat kekuningan	2
	Aluvial	1

Sumber : Rahmad dkk (2018) <sup>[10]</sup>; Tarigan (2022) <sup>[6]</sup>

Analisis peta rawan tanah longsor dilakukan setelah peta – peta penyebab tanah longsor seperti peta curah hujan, jenis batuan, tingkat kelerengan, tutupan lahan, dan jenis tanah tersedia dan siap dalam bentuk peta digital. Setiap peta tersebut diklasifikasi berdasarkan skor serta bobot, kemudian skor dari masing – masing peta dikelompokkan dan dianalisis. Pada proses pemetaan, setiap jenis data diklasifikasikan menurut Tabel 1.

Peta – peta tersebut kemudian masuk pada proses *overlay* berbobot dengan skor dan bobot tiap parameter sehingga menghasilkan suatu peta baru. Persamaan yang digunakan dalam proses *overlay* berbobot sebagai berikut <sup>[10]</sup>:

$$TSTL=0.3FCH+0.2FB+0.2FK+0.2FTL+0.1FJT \tag{1}$$

Keterangan:

- TSTL = Total Skor Tanah Longsor
- FCH = Faktor Curah Hujan
- FB = Faktor Tipe Batuan
- FK = Faktor Kelerengan
- FTL = Faktor Tutupan Lahan
- FJT = Faktor Jenis Tanah
- 0.3; 0.2; 0.1 = Bobot nilai



Persamaan 1 digunakan setelah proses pemberian skor tiap parameter selesai dilakukan. Setiap parameter tanah longsor kemudian dikalikan dengan bobot – masing parameter. Total skor tanah longsor didapatkan setelah menjumlah hasil perkalian bobot dan skor masing – masing parameter. Klasifikasi tingkat rawan tanah longsor dengan analisis total skor tanah longsor (TSTL) dan dilakukan dengan membuat 3 kelas tingkat yaitu : rendah, sedang, dan tinggi. Penentuan kelas interval tersebut dapat menggunakan persamaan berikut <sup>[11]</sup>:

$$K_i = (TSTL_t - TSTL_r) / k \tag{2}$$

Keterangan:

- K<sub>i</sub> = Kelas interval
- TSTL<sub>t</sub> = Total skor tanah longsor tertinggi
- TSTL<sub>r</sub> = Total skor tanah longsor terendah
- k = Jumlah kelas (3)

Persamaan 2 digunakan untuk mencari kelas interval untuk tingkat rawan longsor. Berdasarkan persamaan tersebut, dibutuhkan total skor tanah longsor tertinggi dan terendah. Total skor tanah longsor tertinggi didapatkan saat masing – masing parameter memiliki skor tertingginya, sebaliknya untuk total skor tanah longsor terendah didapatkan saat masing – masing parameter memiliki skor terendahnya. Hasil pengurangan antara total skor tanah longsor tertinggi dengan terendah dibagi sesuai jumlah kelas rawan longsor yaitu 3 sehingga didapatkan kelas interval sebesar 1.2.

**Tabel 2.** Rentang Total Skor Tanah Longsor

Tingkat rawan tanah longsor	Rentang total skor tanah longsor
Rendah	<2.2
Sedang	2.2 – 3.4
Tinggi	>3.4

Tabel 2 menunjukkan rentang total skor tingkat rawan longsor, dimana rentang total skor untuk tingkat rawan longsor didapatkan dari nilai kelas interval. Nilai batas atas tingkat rawan rendah merupakan penjumlahan total skor tanah longsor terendah dari kelas interval. Nilai batas bawah tingkat tinggi didapat dari pengurangan total skor tanah longsor tertinggi berdasarkan nilai kelas interval. Rentang total skor tanah longsor untuk tingkat rendah dan tinggi berarti kurang dari 2.2 dan lebih dari 3.4. Rentang total skor tanah longsor sedang yaitu 2.2 hingga 3.4.

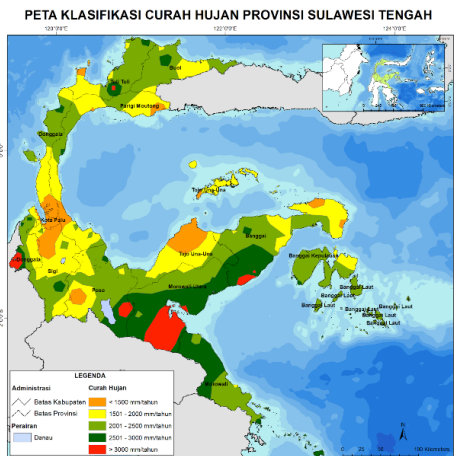
## Hasil dan Pembahasan

### *Analisis Parameter – Parameter Penyebab Tanah Longsor di Provinsi Sulawesi Tengah*

#### **Curah Hujan**

Rata – rata curah hujan (mm/tahun) diklasifikasikan menjadi 5 kelas (skor), mulai dari yang skor tertinggi hingga terendah yaitu Sangat Basah (>3000) dengan skor 5, Basah (2501 – 2300) dengan skor 4, Sedang (2001 – 2500) dengan skor 3, Kering (1501 – 2000) dengan skor 2 dan Sangat Kering (<1500) dengan skor 1. Berdasarkan analisis data yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa skor 3 memiliki persentase luas paling besar yaitu 41% dari luas Provinsi Sulawesi Tengah. Selanjutnya diikuti dengan skor 2 dan 1 yang memiliki persentase luas 28 serta 9%. Adapun skor 5 memiliki persentase paling kecil yaitu 5%.



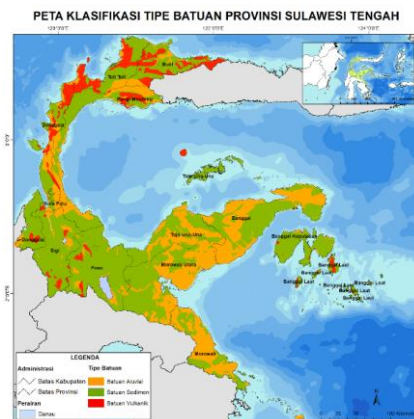


Gambar 3. Peta Lokasi Pos Hujan dan Wilayah Penelitian

Tabel 3. Luas Sebaran Klasifikasi Curah Hujan Tahunan Provinsi Sulawesi Tengah

Skor	Luas (Km2)	Persentase
1	5702.4	9%
2	16911.2	28%
3	25072.3	41%
4	10923.5	18%
5	2773.5	5%

*Tipe Batuan*



Gambar 4. Peta Klasifikasi Tipe Batuan Provinsi Sulawesi Tengah

Tabel 4. Luas Sebaran Klasifikasi Tipe Batuan Provinsi Sulawesi Tengah

Skor	Luas (Km2)	Persentase
1	19878.6	32%
2	36619	60%
3	4885.3	8%



Tipe batuan diklasifikasikan menjadi 3 kelas (skor), mulai dari yang skor tertinggi hingga terendah yaitu batuan Vulkanik dengan skor 3, Sedimen dengan skor 2 dan Aluvial dengan skor 1. Berdasarkan analisis data yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa skor 2 memiliki persentase luas paling besar yaitu 60% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Tengah. Adapun skor 3 memiliki persentase luas paling kecil yaitu 8%.

**Tingkat Kelerengan**

Tingkat kelerengan dalam bentuk persentase diklasifikasikan menjadi 5 kelas (skor), mulai dari yang skor tertinggi hingga terendah yaitu >45 dengan skor 5, 30 – 45 dengan skor 4, 15 – 30 dengan skor 3, 8 – 15 dengan skor 2 dan <8 dengan skor 1. Berdasarkan analisis data yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa skor 1 memiliki persentase luas paling besar yaitu 85% dari luas Provinsi Sulawesi Tengah. Selanjutnya diikuti dengan skor 2, 3 dan 4 yang memiliki persentase luas 7%, 6%, dan 2%. Kelerengan dengan skor 5 memiliki persentase luas paling kecil yaitu <1%.



**Gambar 5.** Peta Klasifikasi Tipe Kelerengan Provinsi Sulawesi Tengah

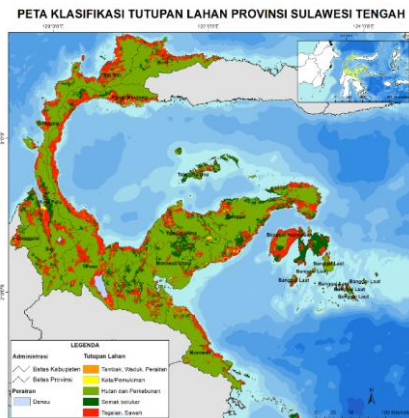
**Tabel 5.** Luas Sebaran Klasifikasi Tingkat Kelerengan Provinsi Sulawesi Tengah

Skor	Luas (Km2)	Persentase
1	52017.5	85%
2	4376.1	7%
3	3671	6%
4	1302.2	2%
5	16.1	0%

**Tutupan Lahan**

Tutupan lahan diklasifikasikan menjadi 5 kelas (skor), mulai dari yang skor tertinggi hingga terendah yaitu Tegalan, Sawah dengan skor 5, Semak Belukar dengan skor 4, Hutan dan Perkebunan dengan skor 3, Kota/ Permukiman dengan skor 2 dan Tambak, Waduk, Perairan dengan skor 1. Berdasarkan analisis data yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa tutupan lahan dengan skor 3 memiliki persentase luas paling besar yaitu 65% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Tengah. Selanjutnya diikuti dengan skor 5, 4 dan 2 yang memiliki persentase luas 20%, 12%, dan 1%. Adapun tutupan lahan dengan skor 1 memiliki persentase luas paling kecil yaitu 1%.



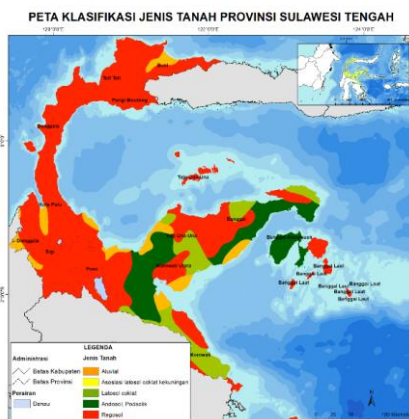


**Gambar 6.** Peta Klasifikasi Tipe Tutupan Lahan Provinsi Sulawesi Tengah

**Tabel 6.** Luas Sebaran Klasifikasi Tutupan Lahan Provinsi Sulawesi Tengah

Skor	Luas (Km2)	Persentase
1	914.4	1%
2	568.6	1%
3	40125	65%
4	7270.4	12%
5	12504.5	20%

**Jenis Tanah**



**Gambar 7.** Peta Klasifikasi Jenis Tanah Provinsi Sulawesi Tengah

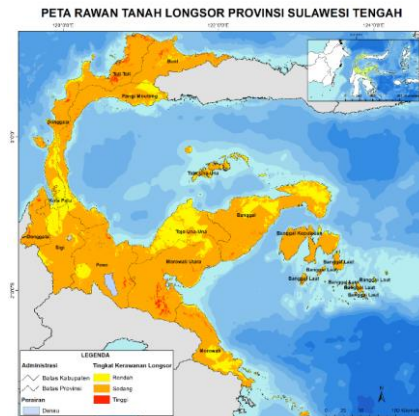
**Tabel 7.** Luas Sebaran Klasifikasi Jenis Tanah Provinsi Sulawesi Tengah

Skor	Luas (Km2)	Persentase
1	7547.9	12%
2	5995.2	10%
3	9374	15%
4	38465.8	63%



Jenis tanah diklasifikasikan menjadi 5 kelas (skor), dari yang skor tertinggi hingga terendah. Dimana Regosol dengan skor 5, Andosol dan Podsolik dengan skor 4, Latosol Coklat dengan skor 3, Asosiasi Latosol Coklat Kekuningan dengan skor 2 serta aluvial dengan skor 1. Berdasarkan analisis data yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 7 menunjukkan bahwa jenis tanah dengan skor 5 memiliki persentase luas paling besar yaitu 63% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Tengah. Selanjutnya diikuti oleh jenis tanah dengan skor 4 dan 1 yang memiliki persentase luas yaitu 15% dan 12 %. Adapun jenis tanah dengan skor 3 memiliki persentase luas yaitu 10%.

**Analisis Peta Rawan Tanah Longsor Provinsi Sulawesi Tengah**



**Gambar 8.** Peta Rawan Longsor Provinsi Sulawesi Tengah

**Tabel 8.** Luas Sebaran Tingkat Rawan Tanah Longsor Provinsi Sulawesi Tengah

Kab/Kota (Km2)	Rendah	Sedang	Tinggi
Banggai	2220.2	5979.6	39.3
Banggai Kepulauan	237.7	2134.2	14.8
Banggai Laut	208.7	474.7	5.5
Buol	285.1	3452.1	74.2
Donggala	1071.9	4007.2	98.7
Kota Palu	294.1	85.0	0.0
Morowali	1110.9	3259.4	60.9
Morowali Utara	597.1	7943.5	274.7
Parigi Moutong	1356.6	4482.4	34.8
Poso	886.5	6274.1	58.3
Sigi	1109.9	4080.5	0.1
Tojo Una – Una	3005.0	2559.0	1.1
Toli Toli	277.3	3117.4	210.4
<b>Luas Total</b>	<b>12661.1</b>	<b>47849.1</b>	<b>872.7</b>
<b>Persentase</b>	<b>21%</b>	<b>78%</b>	<b>1%</b>

Tingkat kerawanan tanah longsor dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi. Berdasarkan analisis hasil yang dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 8 menunjukkan bahwa tingkat Sedang memiliki persentase luas paling besar yaitu sebesar 78% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Tengah. Selanjutnya diikuti tingkat Rendah yang memiliki persentase luas sebesar 21%. Adapun tingkat Tinggi memiliki persentase luas paling kecil yaitu 1%. Pada Tabel 8 menunjukkan sebaran luas tingkat rawan tanah longsor di lingkup kabupaten. Tingkat Tinggi terjadinya rawan longsor paling besar berada di wilayah Kabupaten Morowali Utara dengan luas 274.7 km<sup>2</sup>, diikuti dengan Kabupaten Toli – Toli dan Donggala dengan luas 210.4 km<sup>2</sup> dan 98.7 km<sup>2</sup>. Sedangkan kategori tingkat Rendah terjadinya rawan longsor paling luas berada di wilayah Kabupaten Tojo Una – Una dengan luas 3005 km<sup>2</sup>.

Penelitian ini didukung oleh historis bencana tanah longsor di wilayah Provinsi Sulawesi Tengah yang dapat dilihat pada Tabel 9, dimana kejadian tanah longsor terbanyak terjadi di Kabupaten Toli – Toli dengan total 5 kejadian, diikuti dengan Kabupaten Donggala sebanyak 4 kejadian, Kabupaten Morowali Utara dan Parigi Moutong dengan total 3 kejadian. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian antara hasil penelitian tingkat kerawanan tanah longsor dengan kategori tinggi dan wilayah yang pernah terjadi tanah longsor.

**Tabel 9.** Historis Kejadian Tanah Longsor di Sulawesi Tengah Periode 2008 – 2021

Kab/Kota	Kejadian
Banggai	1
Banggai Kepulauan	1
Banggai Laut	1
Buol	0
Donggala	4
Kota Palu	1
Morowali	1
Morowali Utara	3
Parigi Moutong	3
Poso	1
Sigi	2
Tojo Una – Una	0
Toli Toli	5

## Kesimpulan

Sulawesi Tengah didominasi oleh tingkat kerawanan tanah longsor sedang. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa bencana tanah longsor akan terjadi apabila nilai seluruh faktor (parameter) penyebabnya terpenuhi.



## Daftar Pustaka

- [1] Wang, F., Xu, P., Wang, C., Wang, N. & Jiang, N., Application of a GIS – based slope unit method for landslide susceptibility mapping along the Longzi River, Southeastern Tibetan Plateau, China. *ISPRS Int. J. Geo – Information*, 6(6): 172 (2017).
- [2] Sobirin, S. & Ramadhan, M., Analisis Potensi dan Bahaya Bencana Longsor Menggunakan Modifikasi Metode Indeks Storie di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 8: 59–64 (2017).
- [3] Damanik, M. R. S. & Restu, R., Pemetaan Tingkat Risiko Banjir dan Longsor Sumatera Utara Berbasis Sistem Informasi Geografis. *J. Geogr.*, 4(1): 29–42 (2012).
- [4] Alfiandy, S., Permana, D. S., Nurjaman, A. W., Kurnia, W. G., Prastika, L., Panggabean, H., Rahman, M. S. D. P., *et al.*, Analisis Iklim Provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan Data Pemantau Cuaca Otomatis BMKG. *Bul. GAW Bariri*, 1(1): 1–11 (2020).
- [5] Badan Nasional Penanggulangan Bencana., in *Peraturan Kepala Badan Penanggulangan Bencana*, Nomor 8 (2011). Jakarta.
- [6] Tarigan, T. E., Analisis dan Mitigasi Bencana Longsor Akibat Cuaca Ekstrem di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang. *J. Laguna Geogr.*, 1(1): (2022).
- [7] Novitasari, N. W., Nugraha, A. L. & Suprayogi, A., Pemetaan Multi Hazards Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Demak Jawa Tengah. *J. Geod. Undip*, 4(4): 181–190 (2015).
- [8] Darmawan, K. & Suprayogi, A., Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *J. Geod. Undip*, 6(1): 31–40 (2017).
- [9] Otniel Purba, J., Subiyanto, S., Sasmito, B. & Kahar, S., Pembuatan Peta Zona Rawan Tanah Longsor di Kota Semarang dengan Melakukan Pembobotan Parameter. (2014).
- [10] Rahmad, R., Suib, S. & Nurman, A., Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Maj. Geogr. Indones.*, 32(1): 1–13 (2018).
- [11] Wismarini, T. D. & Sukur, M., Penentuan tingkat kerentanan banjir secara geospasial. *Dinamik*, 20(1): (2015).

