

Penaksiran Indeks Bahaya Tanah Longsor Dengan Pemanfaatan Citra Digital Elevation Model (DEM)

Joni Fitra^{1*}, Muhammad Husin Gultom², Arvie Naufal Fabian Brampu^{3*}, Muhammad Akhdan Suja Telaumbanua⁴, Radhi Hazmi Nugroho⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*jonifitra@umsu.ac.id

Abstrak

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang kerap terjadi di Indonesia, terutama di wilayah pegunungan dan pada musim hujan. Kejadian ini sangat dipengaruhi oleh faktor alam seperti jenis tanah, jenis batuan, curah hujan, kemiringan lahan, serta tutupan lahan. Dampaknya bisa sangat berbahaya bagi daerah yang terdampak. Untuk memahami tingkat risiko longsor di setiap kecamatan di Kabupaten Deli Serdang secara lebih komprehensif dan mutakhir, diperlukan penelitian mengenai estimasi indeks bahaya tanah longsor di Provinsi Sumatera Utara dengan tingkat detail lebih tinggi pada skala kabupaten/kota. Studi ini akan menghasilkan peta digital dengan skala lebih besar, khususnya untuk Kabupaten Deli Serdang. Penelitian ini menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis data Digital Elevation Model (DEM) dan peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah (ZKGT) untuk menentukan indeks bahaya tanah longsor. Hasil akhir menunjukkan bahwa dari 22 kecamatan, 2 kecamatan tergolong dalam kategori bahaya tinggi (Sibolangit dan Gunung Meriah), dan 20 lainnya berada dalam kategori rendah. Peta yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan tata ruang, edukasi kesiapsiagaan bencana, serta perencanaan infrastruktur yang tangguh terhadap risiko longsor.

Kata kunci: tanah longsor, sistem informasi geografis, indeks bahaya, deli serdang

1. Pendahuluan

Tanah longsor merupakan pergerakan massa batuan, puing, atau tanah menuruni lereng, dan kerentanannya dinilai secara kuantitatif maupun kualitatif berdasarkan klasifikasi, volume, serta distribusi spasial [1], [2]. Longsor menjadi pendorong utama proses denudasional serta penyumbang sedimen dominan di banyak wilayah [3], [4]. Minimnya informasi tentang potensi bencana di sekitar masyarakat menyebabkan rendahnya kesadaran dan kesiapsiagaan terhadap bencana. Informasi awal mengenai potensi dan risiko bencana berperan penting sebagai media edukasi dasar dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat [5]. Longsor dapat berupa gerakan rotasi atau translasi massa tanah atau batuan akibat gravitasi, dan sering dikategorikan sebagai bagian dari gerakan tanah [6]. Ketidakstabilan lereng yang memicu longsor bisa dipicu gempa, yang efeknya bervariasi tergantung karakteristik tanah [7].

Tanah longsor merupakan bencana yang kerap terjadi di Indonesia, khususnya di daerah pegunungan dan saat musim hujan. Wilayah bertopografi curam dengan curah hujan tinggi, seperti di atas 2000 mm per tahun, lebih rentan terhadap longsor. Faktor alam seperti jenis tanah, batuan, curah hujan, kemiringan, serta tutupan lahan, turut berkontribusi, disertai pengaruh signifikan dari aktivitas manusia seperti konversi lahan hutan dan ekspansi permukiman di lereng terjal [8]. Tingkat bahaya longsor dapat dipetakan menggunakan parameter statis dari DEM seperti kemiringan dan elevasi, yang semakin akurat bila dikombinasikan dengan variabel dinamis seperti curah hujan harian [9]. Pemetaan bahaya longsor dapat dilakukan melalui metode Weighted Overlay [10] atau dengan mengintegrasikan indeks kerentanan dan data curah hujan [11].

Kabupaten Deli Serdang, dengan luas 2.394,62 km² atau 3,34% dari total luas Provinsi Sumatera Utara, memiliki bentang alam bervariasi dari dataran tinggi hingga pesisir. Beberapa wilayahnya termasuk dalam zona rawan longsor [5]. Berdasarkan data PVMBG pada November 2021, Kecamatan Bangunpurba dan Sibiru-biru memiliki potensi gerakan tanah menengah hingga tinggi, sedangkan Batangkuis, Delitua, dan Galang tergolong dalam kategori menengah [12]. Penelitian sebelumnya pada 2018 telah memetakan kerawanan longsor di Kecamatan Sibolangit secara lebih detail [5], dan evaluasi bahaya dilakukan melalui identifikasi wilayah berisiko, estimasi kemungkinan kejadian, serta prediksi luasan dan kecepatan pergerakan longsor [13]. Namun, untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai tingkat bahaya longsor di seluruh kecamatan Kabupaten Deli Serdang secara terkini dan terperinci, diperlukan penelitian lanjutan dengan skala peta yang lebih besar dan format digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tingkat bahaya tanah longsor pada setiap kecamatan di Kabupaten Deli Serdang sebagai dasar informasi mitigasi dan edukasi kesiapsiagaan bencana bagi masyarakat.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan sistem informasi geografis untuk mengetahui indeks bahaya tanah longsor di Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Pemetaan tersebut dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS Desktop atau ArcMap. Peta yang digunakan adalah peta Digital Elevation Model (DEM) untuk pembuatan peta kelerengan dan peta zona kerentanan. Data DEM yang digunakan merupakan DEM nasional yang diunduh dari website resmi Direktorat Standar dan Teknologi Informasi Geospasial, Badan Informasi Geospasial. DEM Nasional (DEMNAS) dikembangkan dengan menggabungkan beberapa sumber data, termasuk IFSAR dengan resolusi 5 meter, TerraSAR-X yang telah di-resampling menjadi resolusi 5 meter dari resolusi aslinya 5–10 meter, serta ALOS PALSAR dengan resolusi 11,25 meter. Selain itu, data mass point yang digunakan dalam pembuatan peta Rupabumi Indonesia (RBI) turut dimasukkan untuk meningkatkan akurasi. DEMNAS memiliki resolusi spasial sebesar 0,27 arcsecond dan menggunakan datum vertikal EGM2008 [14]. Informasi dari citra DEM ini kemudian digunakan untuk pembuatan peta kemiringan lereng. Peta kemiringan lereng menggunakan klasifikasi lereng Van Zuidam, 1985.

Tabel 1. Klasifikasi Lereng

No.	Klasifikasi	Lereng (%)	Lereng (°)
1.	Datar	0-2	0-2
2.	Sangat Landai	2-7	2-4
3.	Landai	7-15	4-8
4.	Agak Curam	15-30	8-16
5.	Curam	30-70	16-35
6	Sangat Curam	70-140	35-55
7	Terjal	>140	>55

Sumber : Klasifikasi lereng Van Zuidam [15]

Selain citra DEM, digunakan juga Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah (ZKGT) dari Kementerian ESDM. Melalui Kebijakan Satu Peta (KSP), telah tersedia ZKGT skala 1:50.000 untuk wilayah Indonesia [16]. Peta ini memuat informasi kerentanan berbagai jenis gerakan tanah, baik di wilayah curam (longsor) maupun datar (rayapan). Peta disesuaikan dengan lokasi penelitian dan diklasifikasikan ke dalam kategori kerentanan rendah, menengah, dan tinggi untuk membentuk peta zona potensi longsor.

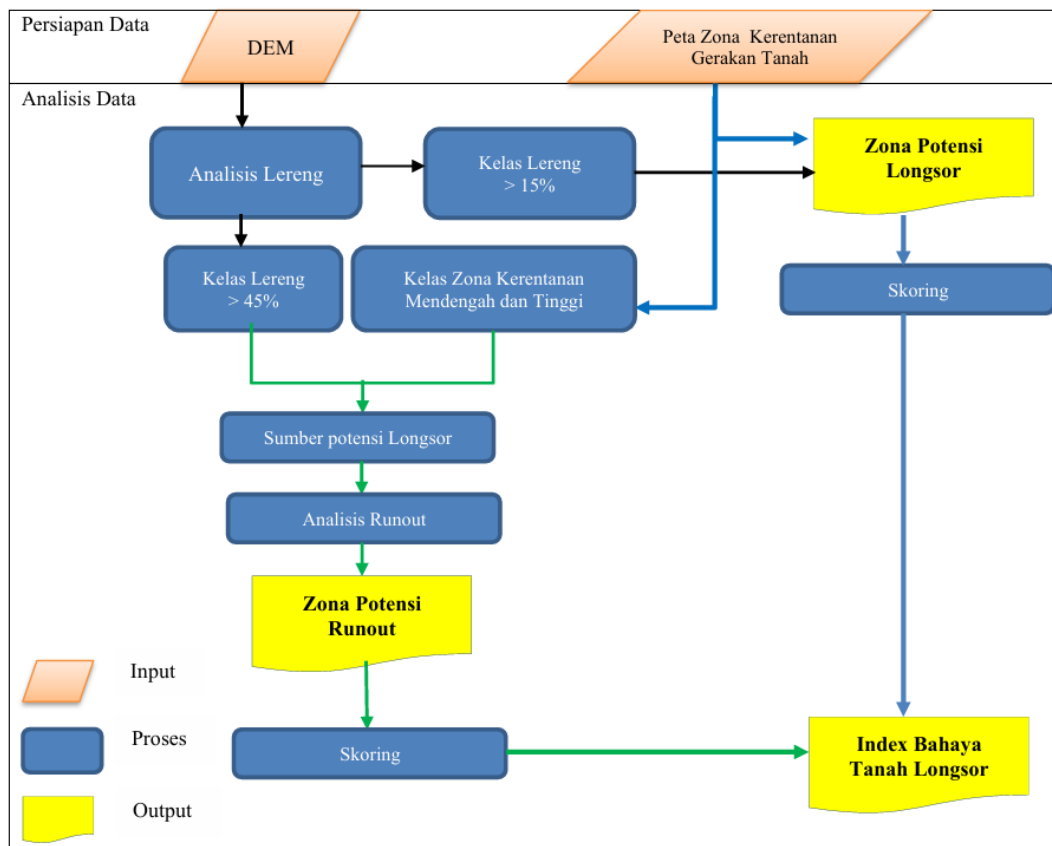
Setiap parameter diberi skor dan dikalikan dengan bobot berdasarkan model pendugaan, lalu dijumlahkan sesuai lokasi. Selanjutnya dibuat zona potensi landaan material longsor (*runout*) yang mengacu pada jenis longsor dangkal atau aliran bahan rombakan (*shallow/debris landslide*), tipe paling umum di Indonesia. Langkah awal adalah menentukan sumber potensi longsor sebagai titik awal material yang berpotensi bergerak. Faktor yang mempengaruhi runout meliputi topografi, jenis material, curah hujan, volume, dan posisi awal massa longsor [17].

Model runout menggunakan dua algoritma: arah aliran (*flow direction*) untuk menentukan jalur material, dan algoritma jarak untuk estimasi runout [18], [19]. Algoritma pertama tersedia di TauDEM Tools (ArcGIS), yang diakses setelah instalasi perangkat lunak TauDEM.

Langkah akhir adalah pembuatan peta indeks bahaya tanah longsor dengan menggabungkan skor zona longsor dan runout. Analisis bahaya dilakukan berdasarkan nilai indeks bahaya (H), yang diklasifikasikan sebagai berikut [21]:

- Rendah ($H \leq 0.333$)
- Sedang ($0.333 < H \leq 0.666$)
- Tinggi ($H > 0.666$)

Tahapan lengkap dapat dilihat pada Gambar 1 (diagram alir). Peta indeks bahaya tanah longsor menjadi luaran akhir penelitian ini.



Sumber : Modul Teknis [20]

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis peta kemiringan lereng

Peta kemiringan lereng di Kabupaten Deli Serdang menunjukkan variasi kemiringan yang diklasifikasikan ke dalam tujuh kelas berdasarkan sistem Van Zuidam (1985), sebagaimana tercantum pada Tabel 1. Visualisasi peta dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Bagian selatan Deli Serdang cenderung memiliki kemiringan lebih curam dibanding bagian utara, yang relatif landai karena kedekatannya dengan wilayah pesisir. Secara geomorfologi, selatan didominasi perbukitan struktural, sementara utara berupa dataran denudasional dan pantai. Wilayah dengan lereng datar hingga landai meliputi Kecamatan Labuhan Deli, Tanjung Morawa, Percut Sei Tuan, Batang Kuis, Pantai Labu, Beringin, Lubuk Pakam, Delitua, Patumbak, dan Sunggal. Sementara wilayah dengan lereng agak curam hingga terjal mencakup Kecamatan Kutalimbaru, Sibirubiru, Namorambe, Pancurbatu, Senembah Tanjungmuda Hilir, Bangunpurba, Senembah Tanjungmuda Hulu, Gunung Meriah, dan Sibolangit.

Wilayah dengan lereng datar hingga landai ini memiliki wilayah yang luasan mencakup 66.19% dari total luasan kabupaten Deli Serdang seperti terlihat dalam tabel 2 dan tabel 3. Nilai Luasan dalam tabel 2 dan tabel 3 ini menggunakan ukuran cell pixel 8.31 meter dan diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Luas Daerah} = \text{Jumlah Pixel} \times (\text{Ukuran Cell}^2) \quad (1)$$

Tabel 2. Luas wilayah setiap klasifikasi lereng berdasarkan persen

No.	Klasifikasi	Lereng (%)	Jumlah Pixel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase Luasan (%)
1.	Datar	0 - 2	11.817.592	816.868.336	81.686.83	31.64
2.	Sangat Landai	2 - 7	6.266.187	433.138.134	43.313.81	16.77
3.	Landai	7 - 15	6.641.766	459.099.311	45.909.93	17.78
4.	Agak Curam	15 - 30	6.265.808	433.111.936	43.311.19	16.77
5.	Curam	30 - 70	5.718.990	395.314.193	39.531.42	15.31
6	Sangat Curam	70 - 140	630.208	43.561.917	4.356.19	1.69
7	Terjal	> 140	14.240	984.313	98.43	0.04

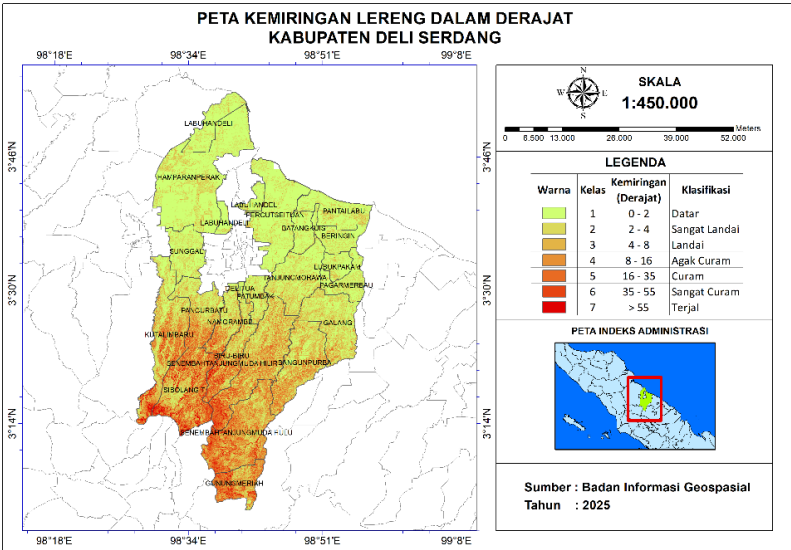
Sumber : Hasil Analisa, 2025

Tabel 3. Luas wilayah setiap klasifikasi lereng berdasarkan derajat

No.	Klasifikasi	Lereng (°)	Jumlah Pixel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase Luasan (%)
1.	Datar	0 - 2	15.917.923	1.100.295.837	110.029.58	42.61%
2.	Sangat Landai	2 - 4	8.596.404	594.209.906	59.420.99	23.01%
3.	Landai	4 - 8	5.026.880	347.473.419	34.747.34	13.46%
4.	Agak Curam	8 - 16	3.448.150	238.346.742	23.834.67	9.23%
5.	Curam	16 - 35	2.462.271	170.199.751	17.019.98	6.59%
6	Sangat Curam	35 - 55	1.431.363	98.940.217	9.894.02	3.83%
7	Terjal	> 55	471.800	32.612.268	3.261.23	1.26%

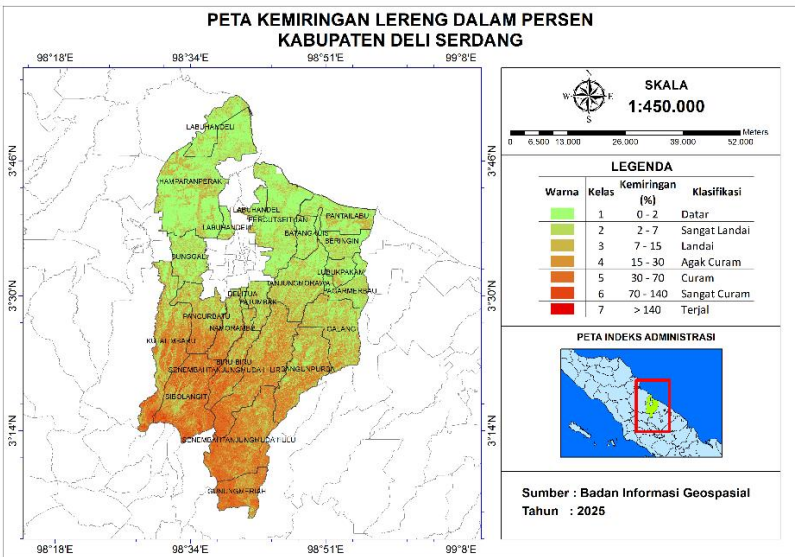
Sumber : Hasil Analisa, 2025

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Wilayah Kabupaten Deli Serdang dengan lereng datar hingga landai (0–15%) yang mencakup 66.19% luas wilayah, terutama di utara, cocok untuk permukiman, pertanian, perdagangan, dan infrastruktur karena topografi stabil dan aksesibilitas baik, sedangkan wilayah selatan dengan lereng curam berperan sebagai kawasan konservasi, hutan lindung, dan resapan air, namun rentan erosi dan longsor, sehingga memerlukan kebijakan tata ruang berbasis kerentanan bencana. Perbedaan topografi utara dan selatan memengaruhi penggunaan lahan dan sosial-ekonomi, dengan utara sebagai pusat ekonomi dan selatan potensial untuk pariwisata alam dan perkebunan, terutama di Kecamatan Sibolangit. Peta kemiringan lereng menjadi data penting untuk perencanaan pembangunan, tata ruang, pengendalian banjir musiman di wilayah landai seperti Percut Sei Tuan, Labuhan Deli, dan Pantai Labu melalui drainase dan embung, serta pengelolaan daerah aliran sungai, mendukung kebijakan RTRW, RDTR, dan kontinjensi bencana untuk pembangunan berkelanjutan yang menyeimbangkan ekonomi, lingkungan, dan mitigasi bencana.



Sumber : Hasil Analisa, 2025

Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025



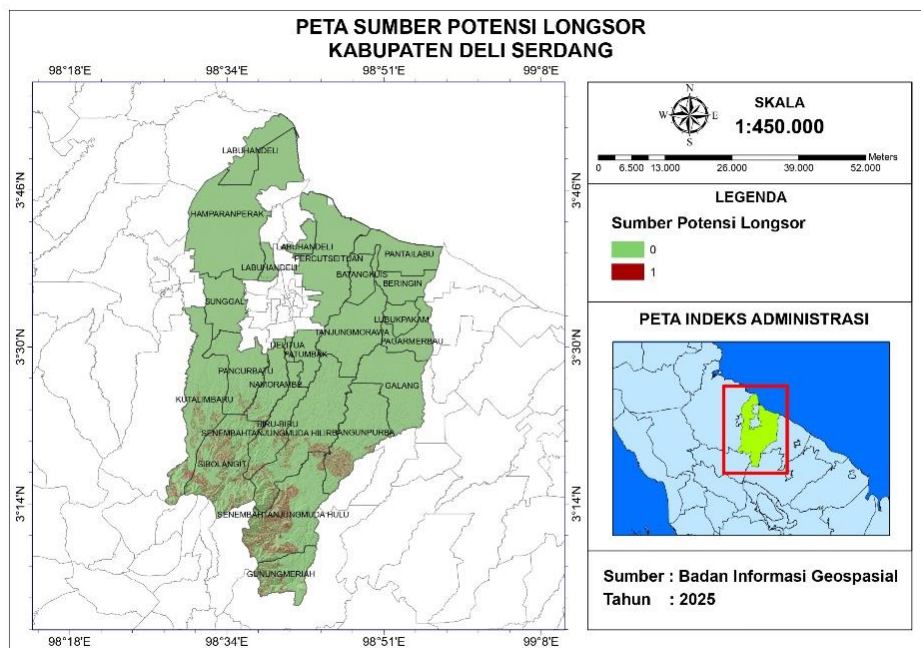
Sumber : Hasil Analisa, 2025

Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025

3.2. Analisa Peta Potensi Longsor

Peta Peta potensi longsor pada Gambar 4 menunjukkan banyak titik dengan potensi longsor tinggi di Kecamatan Sibolangit, Gunung Meriah, Senembah Tanjung Muda Hulu, Kutalimbaru, dan Senembah Tanjung Muda Hilir, yang ditandai oleh kemiringan lereng $>15\%$ (setara $>8.51^\circ$). Kemiringan ini meningkatkan gaya gravitasi, memperbesar risiko longsor, terutama jika tanah lepas, jenuh air akibat hujan lebat, atau vegetasi terganggu oleh aktivitas manusia. Faktor geologi seperti bidang lemah, rekahan batuan, serta curah hujan intens juga memicu longsor dengan menurunkan daya dukung tanah. Aktivitas manusia, seperti penebangan hutan, perubahan tata guna lahan, pembangunan tanpa perencanaan geoteknik, dan drainase buruk, memperbesar risiko longsor. Konservasi tanah dan air melalui terasering, penanaman tanaman keras, serta pengelolaan air permukaan menjadi langkah penting untuk mitigasi. Pemetaan zona potensi longsor memerlukan pendekatan multi-parameter, termasuk analisis lereng, sifat tanah, curah hujan, tutupan lahan, dan aktivitas manusia, serta teknologi seperti citra satelit, drone, dan SIG untuk akurasi data.

Mitigasi longsor mencakup upaya struktural seperti pembangunan dinding penahan, bronjong, dan sistem drainase, serta non-struktural seperti edukasi masyarakat, pelatihan kesiapsiagaan, dan simulasi evakuasi. Penilaian kerentanan sosial juga krusial, terutama untuk masyarakat dengan akses terbatas ke informasi dan infrastruktur penanggulangan bencana. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, masyarakat, dan sektor swasta dalam sistem pemantauan dan peringatan dini diperlukan untuk meminimalkan risiko kerugian akibat longsor.



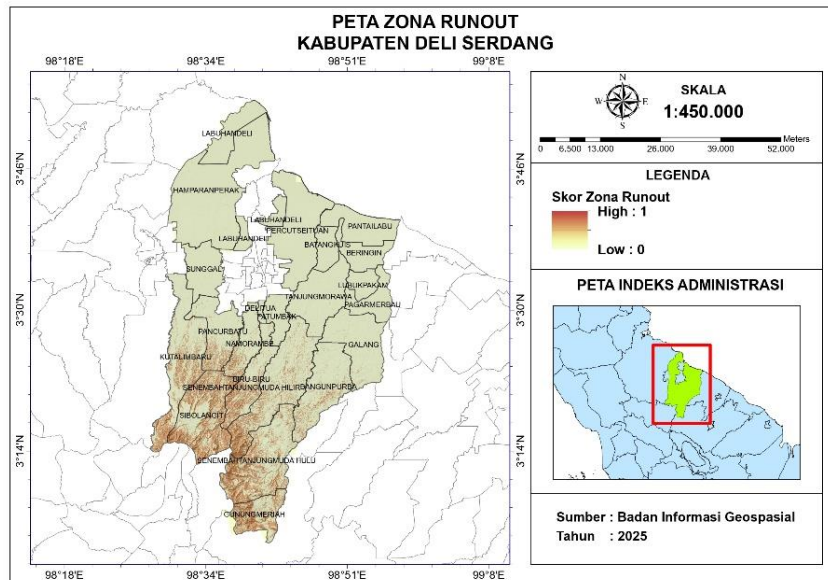
Sumber : Hasil Analisa, 2025

Gambar 4. Peta Potensi Longsor Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025

3.3. Analisis peta potensi landaan material longsor (runout)

Tahapan selanjutnya adalah membuat model runout. Model runout umumnya menggunakan dua jenis algoritma, yaitu algoritma arah aliran (flow direction) yang menghitung jalur (path) yang akan diikuti oleh material longsor dan algoritma yang menentukan jarak runout. Algoritma arah aliran (flow direction) digunakan untuk menghitung jalur (path) yang akan diikuti oleh material longsor berdasarkan topografi dan kemiringan lereng. Data DEM (Digital Elevation Model) sangat penting dalam tahapan ini, karena algoritma ini akan mengidentifikasi arah aliran dari setiap sel menuju sel dengan elevasi terendah di sekitarnya, sehingga menghasilkan peta arah aliran yang menggambarkan kemungkinan

lintasan pergerakan material seperti terlihat pada Gambar 5. Peta ini menjadi dasar untuk mengetahui pola aliran material, yang umumnya akan mengikuti lereng terjal menuju lembah atau alur sungai. Selain itu, hasil flow direction dapat dikombinasikan dengan peta flow accumulation untuk mengidentifikasi area dengan potensi konsentrasi material longsor yang lebih besar. Pada Gambar 5 menunjukkan landaan material longsor berada pada daerah dengan kemiringan yang curam hingga terjal, lebih banyak terdapat di Kecamatan Sibolangit, Kecamatan Sinembah Tanjung Mudah Hulu, Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Gunung Meriah.



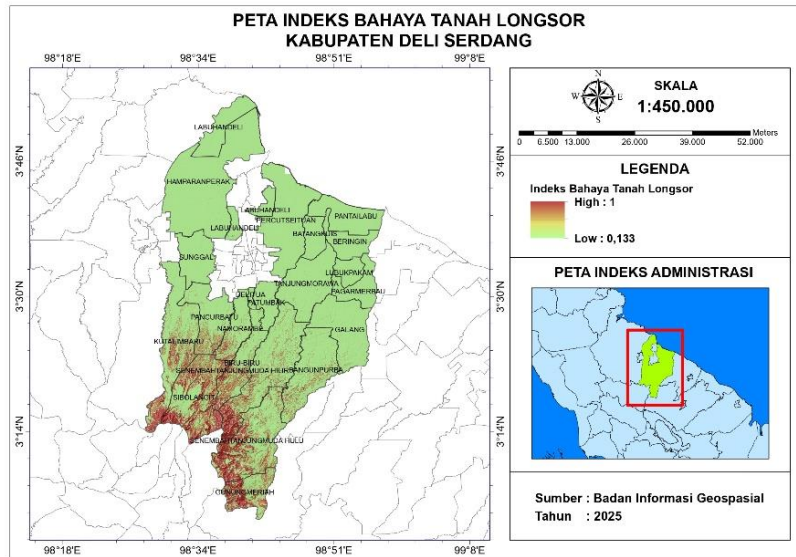
Sumber : Hasil Analisa, 2025

Gambar 5. Peta Zona Potensi Landaan Material Longsor Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025

3.4. Analisis peta indeks bahaya tanah longsor

Hasil Peta indeks bahaya tanah longsor pada Gambar 6 menunjukkan skor bahaya dari 0 (rendah) di daerah datar landai hingga 1 (tinggi) di daerah curam hingga terjal di Kabupaten Deli Serdang, dipengaruhi oleh kemiringan lereng, geologi, jenis tanah, curah hujan, dan penggunaan lahan. Daerah dengan skor tinggi berkorelasi dengan batuan mudah lapuk, tanah lempung rentan jenuh air, serta gangguan vegetasi akibat pembukaan lahan atau pembangunan. Aktivitas seismik dapat memicu ketidakstabilan lereng, terutama di daerah dengan rekahan, sementara curah hujan tinggi meningkatkan tekanan air pori, melemahkan kohesi tanah, dan mempercepat erosi akibat aliran permukaan yang tidak terkendali, sehingga memerlukan pengendalian air dan pelestarian vegetasi.

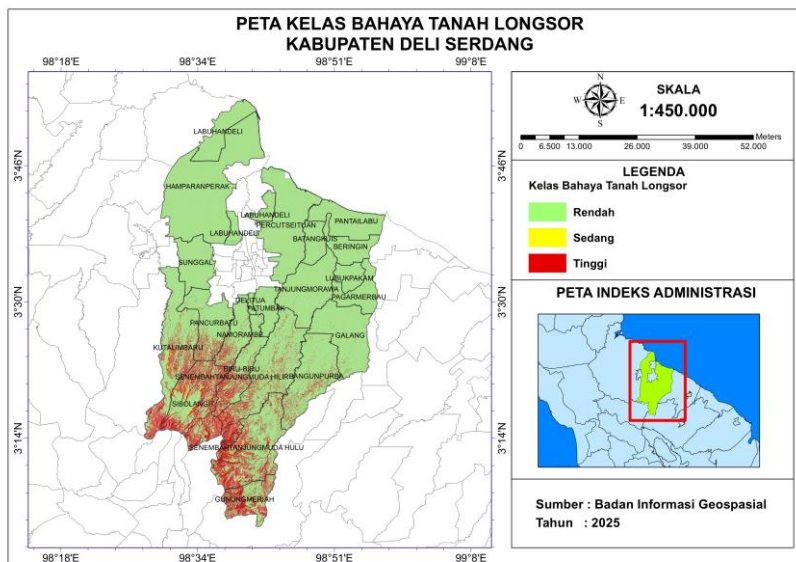
Peta ini mendukung perencanaan mitigasi bencana dengan menentukan wilayah yang membutuhkan sistem drainase, revegetasi, atau pembatasan pembangunan, serta teknologi geoteknik seperti bronjong, dinding penahan tanah, geotekstil, atau paku tanah untuk memperkuat lereng. Sistem pemantauan dini berbasis sensor efektif memberikan peringatan longsor, sementara kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan masyarakat diperlukan untuk menyusun kebijakan tata ruang berbasis kerawanan bencana dan meningkatkan kesadaran konservasi lingkungan guna meminimalkan dampak longsor di Kabupaten Deli Serdang.



Sumber : Hasil Analisa, 2025

Gambar 6. Peta Indeks Bahaya Tanah Longsor Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025

Hasil Klasifikasi bahaya longsor di Kabupaten Deli Serdang (Gambar 7) menunjukkan tiga tingkat bahaya. Tingkat rendah (hijau) seluas 165951.75 ha (80.6%) berada di dataran landai dengan tanah stabil, namun rentan longsor saat cuaca ekstrem. Tingkat sedang (kuning) seluas 1592.75 ha (0.77%) mencakup lereng sedang hingga curam dengan curah hujan tinggi, memerlukan drainase dan revegetasi untuk mitigasi. Tingkat tinggi (merah) seluas 38359.5 ha (18.63%) di lereng terjal, terutama di Kecamatan Sibolangit dan Gunung Meriah, dengan tanah kurang kohesif dan riwayat longsor, membutuhkan struktur penahan, vegetasi, dan pemantauan dini. Pemerintah daerah dapat memanfaatkan data ini untuk kebijakan tata ruang, edukasi masyarakat, dan infrastruktur tahan bencana guna mengurangi dampak longsor.



Sumber : Hasil Analisa, 2025

Gambar 7. Peta Kelas Bahaya Tanah Longsor Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025

Tabel 4. Luas Wilayah Kelas Bahaya Tanah Longsor Kabupaten Deli Serdang

Nama Kecamatan	Kelas Bahaya Tanah Longsor			Total Luas (Ha)	Kelas Bahaya
	Rendah (Ha)	Sedang (Ha)	Tinggi (Ha)		
Bangun Purba	12676.5	6.5	1486	14169.00	Rendah
Batang Kuis	2558.75	0	1	2559.75	Rendah
Beringin	3349.25	0	0.5	3349.75	Rendah
Biru-Biru	6043.25	75.75	3037.25	9156.25	Rendah
Delitua	574.25	0.75	4	579.00	Rendah
Galang	12398.25	3.25	130.75	12532.25	Rendah
Gunung Meriah	3612.5	54	3838.5	7505.00	Tinggi
Hamparan Perak	16939.75	0.25	6.5	16946.50	Rendah
Kutalimbaru	12343.5	236.75	4816.5	17396.75	Rendah
Labuhan Deli	5871.25	0.25	2.75	5874.25	Rendah
Lubuk Pakam	1986.25	0		1986.25	Rendah
Namorambe	5111.75	6.75	1193	6311.50	Rendah
Pagar Merbau	4072.75		1.5	4074.25	Rendah
Pancur Batu	8556.5	5.75	1498.25	10060.50	Rendah
Pantai Labu	5318.5	0.25	0.5	5319.25	Rendah
Patumbak	3791	1.5	28.25	3820.75	Rendah
Percut Sei Tuan	10307.75	0.25	7	10315.00	Rendah
Senembah Tanjung Muda Hilir	15832.75	6	4999.25	20901.00	Rendah
Senembah Tanjung Muda Hulu	11564	372.50	7668.25	19604.75	Rendah
Sibolangit	7324.25	758.00	9590.75	17673.00	Tinggi
Sunggal	5527.75	0	3.5	5531.25	Rendah
Tanjung Morawa	10191.25	1.25	45.5	10238.00	Rendah
Total	165951.75	1592.75	38359.5	205904.00	
Persentase	80.6 %	0.77 %	18.63 %		

4. Kesimpulan

Hasil peta indeks bahaya tanah longsor menunjukkan skor bahaya tanah longsor dalam interval 0 (rendah) hingga 1 (tinggi). Wilayah Kabupaten Deli Serdang dengan skor 0 (rendah) tersebar pada daerah datar landai. Sedangkan wilayah dengan skor 1 (tinggi) tersebar pada daerah curam hingga terjal. Berdasarkan hasil klasifikasi peta bahaya longsor di Kabupaten Deli Serdang, terdapat tiga kategori tingkat bahaya. Bahaya rendah (ditandai dengan warna hijau) mencakup wilayah seluas 165.951,75 hektar atau sekitar 80,6% dari keseluruhan wilayah kabupaten. Bahaya sedang (warna kuning) meliputi area seluas 1.592,75 hektar atau 0,77% dari total luas wilayah. Adapun bahaya tinggi (warna merah) mencakup 38.359,5 hektar atau 18,63% dari luas keseluruhan Kabupaten Deli Serdang. Secara keseluruhan, Kabupaten Deli Serdang memiliki kelas bahaya tanah longsor yang rendah, hanya dua wilayah dengan bahaya tinggi mendominasi di Kecamatan Sibolangit dan Kecamatan Gunung meriah. Dengan memahami klasifikasi bahaya longsor di Kabupaten Deli Serdang, pemerintah daerah dapat mengembangkan kebijakan mitigasi yang lebih efektif, termasuk perencanaan tata ruang yang mempertimbangkan risiko longsor, edukasi masyarakat terkait bahaya dan tanda-tanda awal longsor, serta pembangunan infrastruktur yang lebih tahan terhadap bencana alam. Langkah-langkah ini diharapkan dapat mengurangi dampak longsor terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar

5. Ucapan Terimakasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dan dukungan dana yang diberikan, khususnya Rektor dan Wakil Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Ketua LPPM Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) beserta jajarannya, Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Ketua Program Studi Teknik Sipil beserta seluruh dosen teknik sipil. Artikel ini merupakan hasil penelitian hibah internal Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara skim penelitian dosen pemula dengan nomor kontrak 051/II.3-AU/UMSU-LP2M/C/2024.

Daftar Pustaka

- [1] T. Zeng, Z. Guo, L. Wang, B. Jin, F. Wu, and R. Guo, "Tempo-Spatial Landslide Susceptibility Assessment from the Perspective of Human Engineering Activity," 2023. doi: 10.3390/rs15164111.
- [2] D. Cruden, "Landslide Risk Assessment," *Routledge*, 2018, doi: 10.1201/9780203749524.
- [3] J. Broeckx, M. Rossi, K. Lijnen, B. Campforts, J. Poesen, and M. Vanmaercke, "Landslide mobilization rates: A global analysis and model," *Earth-Science Rev.*, vol. 201, p. 102972, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102972>.
- [4] J. Fitra, W.-C. Huang, and Y. M. Purwana, "Landslide Analysis Subject to Geological Uncertainty Using Monte Carlo Simulation (A Study Case in Taiwan) BT - Proceedings of the 5th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering," S. A. Kristiawan, B. S. Gan, M. Shahin, and A. Sharma, Eds., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 437–447. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-981-16-9348-9_38
- [5] R. Rahmad, S. Suib, and A. Nurman, "Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara," *Maj. Geogr. Indones. Vol 32, No 1 Maj. Geogr. Indones.*, 2018, doi: 10.22146/mgi.31882.
- [6] "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/PRT/M/2007 Tentang Pedoman Penataan Ruang, Kawasan Rawan Bencana Longsor," *Peratur. Menteri*, 2007.
- [7] I. Setiawan, D. Krismawati, S. Pramana, and E. Tanur, "Klasterisasi Wilayah Rentan Bencana Alam Berupa Gerakan Tanah Dan Gempa Bumi Di Indonesia," *Semin. Nas. Off. Stat.*, vol. 2022, no. 1 SE-Sains Data, Nov. 2022, doi: 10.34123/semnasoffstat.v2022i1.1538.
- [8] A. Noviyanto, J. Sartohadi, and B. H. Purwanto, "The distribution of soil morphological characteristics for landslide-impacted Sumbing Volcano, Central Java - Indonesia," *Geoenvironmental Disasters*, vol. 7, no. 1, p. 25, 2020, doi: 10.1186/s40677-020-00158-8.
- [9] J. Fitra, M. H. Gultom, A. Mansur, A. N. F. Brampu, and M. A. S. Telaumbanua, "The Impact of Rainfall on the Likelihood of Landslides in the Deli Serdang Regency," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2989, no. 1, p. 12035, 2025, doi: 10.1088/1742-6596/2989/1/012035.
- [10] A. H. Wijaya, T. C. Novianti, and E. Rahmadi, "PEMETAAN DAERAH BAHAYA TANAH LONGSOR DI KECAMATAN BALIK BUKIT KABUPATEN LAMPUNG BARAT DENGAN METODE WEIGHTED OVERLAY," vol. 1, no. 2, pp. 62–71, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.36982/jops.v1i2.4904>
- [11] Z. Wang, D. Wang, Q. Guo, and D. Wang, "Regional landslide hazard assessment through integrating susceptibility index and rainfall process," *Nat. Hazards*, vol. 104, no. 3, pp. 2153–2173, 2020, doi: 10.1007/s11069-020-04265-5.

- [12] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, "update pasca tanah longsor bpbd deli serdang lakukan pembersihan material." [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/berita/-update-pasca-tanah-longsor-bpbd-deli-serdang-lakukan-pembersihan-material>
- [13] D. Tien Bui, T. A. Tuan, H. Klempe, B. Pradhan, and I. Revhaug, "Spatial prediction models for shallow landslide hazards: a comparative assessment of the efficacy of support vector machines, artificial neural networks, kernel logistic regression, and logistic model tree," *Landslides*, vol. 13, no. 2, pp. 361–378, 2016, doi: 10.1007/s10346-015-0557-6.
- [14] Direktorat Standar dan Teknologi Informasi Geospasial Badan Informasi Geospasial, "Peta Demnas." [Online]. Available: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh/demnas>
- [15] R. A. van Zuidam, F. I. Zuidam-Cancelado, and I. I. for A. S. and E. Sciences, *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Publishers, 1986. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=zGLGQgAACAAJ>
- [16] Peraturan Presiden Republik Indonesia, "Perpres Nomor 9 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta Pada Tingkat Ketelitian peta Skala 1:50.000," vol. 2013, no. 099120, pp. 1–16, 2016.
- [17] Z. Zou, C. Xiong, H. Tang, R. E. Criss, A. Su, and X. Liu, "Prediction of landslide runout based on influencing factor analysis," *Environ. Earth Sci.*, vol. 76, no. 21, p. 723, 2017, doi: 10.1007/s12665-017-7075-x.
- [18] R. M. Iverson, "Scaling and design of landslide and debris-flow experiments," *Geomorphology*, vol. 244, pp. 9–20, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.033>.
- [19] H. M. Do, K. L. Yin, and Z. Z. Guo, "A comparative study on the integrative ability of the analytical hierarchy process, weights of evidence and logistic regression methods with the Flow-R model for landslide susceptibility assessment," *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, vol. 11, no. 1, pp. 2449–2485, 2020, doi: 10.1080/19475705.2020.1846086.
- [20] BNPB, "Modul Teknis Penyusunan Kajian Risiko Bencana Tanah Longsor," *BNPB*, 2019.