



Website: <http://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/gdk>



GEODIKA

Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi

Terakreditasi S5 – SK No. 177/E/KPT/2024

Penerbit: Universitas Hamzanwadi



Analisis dan Pemetaan Kerawanan Tanah Longsor Berbasis SIG di Kecamatan Sibolangit, Deli Serdang, Sumatera Utara

Muhammad Miftahurridlo¹, Regi Irfansyah Putra², Fadhilah Arafah Gultom³,
Alisya Lutfiah Hasibuan⁴, & Fikriyah Zahra Siahaan⁵

Program Studi S1 Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

*Email Koresponden: mmridlogo@unimed.ac.id

Diterima: 29-05-2026, Revisi: 12-09-2026, Disetujui: 30-09-2026

©2026 Universitas Hamzanwadi

Abstrak. Penelitian ini mengulas analisis dan peta tingkat bahaya tanah longsor di Kecamatan Sibolangit dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Masalah utama yang dihadapi dalam penelitian ini adalah tingginya risiko longsor yang dipengaruhi oleh bentuk tanah, tipe tanah, jumlah hujan, dan perubahan cara penggunaan lahan. Tujuan penelitian adalah untuk mengenali sifat-sifat daerah yang rawan longsor, menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh pada risiko longsor, serta membuat peta kerawanan longsor dengan menggunakan analisis spasial. Metode yang dipakai adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif melalui kajian pustaka dan analisis spasial menggunakan data sekunder seperti kemiringan lereng dan tipe tanah. Analisis dilakukan dengan mengolah data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS), melakukan klasifikasi kemiringan lereng, mengidentifikasi lereng yang curam, serta membuat buffer dengan software ArcGIS. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa daerah dengan kemiringan lereng di atas 25% dan jenis tanah Humic Andosol memiliki risiko longsor yang tinggi hingga sangat tinggi. Selain itu, aktivitas penggunaan lahan di daerah lereng juga memperbesar risiko longsor. Penelitian ini menyimpulkan bahwa SIG sangat berguna untuk memetakan tingkat kerawanan longsor dan bisa menjadi dasar untuk perencanaan wilayah serta pengurangan risiko bencana di Kecamatan Sibolangit.

Kata kunci: longsor, Sistem Informasi Geografis, kerawanan longsor, kemiringan lereng, Sibolangit.

Abstract. This study reviews the analysis and mapping of landslide hazard levels in Sibolangit District using a Geographic Information System (GIS). The primary problem encountered in this study is the high risk of landslides, which is influenced by landforms, soil types, rainfall intensity, and changes in land use. The objectives of this study were to identify the characteristics of landslide-prone areas, analyze factors influencing landslide risk, and create a landslide susceptibility map using spatial analysis. The method used was descriptive research with a quantitative approach through literature review and spatial analysis using secondary data such as slope gradient and soil type. The analysis was conducted by processing National Digital Elevation Model (DEMNAS) data, classifying slope gradients, identifying steep slopes, and creating buffers using ArcGIS software. The results of this study indicate that areas with slope gradients above 25% and Humic Andosol soil types have a high to very high risk of landslides. Furthermore, land use activities on slopes also increase the risk of landslides. This study concludes that GIS is very useful for mapping landslide susceptibility levels and can serve as a basis for regional planning and disaster risk reduction in Sibolangit District.

Keywords: landslide, Geographic Information System, landslide vulnerability, slope gradient, Sibolangit.

PENDAHULUAN

Tanah longsor adalah salah satu jenis bencana alam yang kerap terjadi di kawasan pegunungan dan perbukitan, terutama di daerah yang memiliki kondisi geomorfologi yang tidak stabil. Kejadian longsor disebabkan oleh pergerakan massa tanah atau batuan di lereng yang dipicu oleh berbagai faktor, seperti kemiringan lereng yang curam, curah hujan yang tinggi, tipe tanah, dan perubahan penggunaan lahan. Di samping itu, adanya air tanah dapat menambah tekanan air pori yang membuat kekuatan tanah berkurang, sehingga lereng menjadi lebih rentan untuk longsor (Putra, 2020).

Fenomena ini menjadi ancaman serius bagi kehidupan manusia karena dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur, mengakibatkan korban jiwa, serta menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan (Shahabi & Hashim, 2015). Faktor yang menjadi penyebab utama longsor adalah kemiringan lereng yang curam, hujan deras, jenis tanah, kondisi geologi, dan perubahan dalam penggunaan lahan (Muntohar, 2010). Di Indonesia, bencana longsor menjadi masalah serius karena sebagian besar daerahnya memiliki bentang alam berbukit dan berada di daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi. Aktivitas manusia seperti penebangan hutan, pembangunan rumah di lereng, dan peralihan penggunaan lahan juga meningkatkan resiko longsor di berbagai daerah (Chalik et al., 2023).

Tanah longsor sering kali mengganggu kegiatan ekonomi masyarakat, menghambat distribusi hasil pertanian, dan mengurangi produktivitas masyarakat karena akses transportasi yang terputus. Selain itu, longsor juga dapat mengakibatkan hilangnya nyawa dan kerugian material yang cukup besar, terutama di daerah yang memiliki lereng curam dan dekat dengan jalan utama. Jadi, dampak tanah longsor tidak hanya terkait dengan kerusakan lingkungan fisik, tetapi juga mempengaruhi stabilitas sosial dan ekonomi warga yang berada di daerah yang rentan terhadap longsor (Isnaini, 2019).

Kecamatan Sibolangit adalah salah satu daerah di Provinsi Sumatera Utara yang memiliki ciri topografi berbukit dan pegunungan sebagai bagian dari Bukit Barisan. Oleh karena itu, daerah ini sangat berpotensi mengalami bencana tanah longsor, terutama saat musim hujan. Selain dari aspek topografi, keberadaan tanah vulkanik seperti Humic Andosol yang dapat menyerap air dengan baik juga berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Tanah yang memiliki porositas tinggi akan cepat menjadi jenuh air, yang dapat mengurangi kekuatan geser tanah dan meningkatkan kemungkinan longsor. Di sisi lain, perubahan penggunaan lahan di lereng menjadi area pertanian dan permukiman mengurangi vegetasi yang menahan tanah, sehingga meningkatkan risiko pergerakan tanah (Putri et al., 2023). Karena itu, perlu dilakukan identifikasi area yang rawan longsor sebagai langkah untuk mengurangi risiko kerugian sosial, ekonomi, dan kerusakan lingkungan.

Perkembangan teknologi geospasial mempermudah analisis kerentanan terhadap longsor dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG adalah teknologi berbasis komputer yang dapat mengelola, menganalisis, dan mempresentasikan data spasial secara teratur untuk membantu mengidentifikasi daerah dengan tingkat kerentanan (Sari et al., 2025). Dalam kajian mengenai bencana longsor, SIG memungkinkan penggabungan berbagai faktor seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, geologi, dan penggunaan lahan melalui analisis spasial guna menciptakan peta kerawanan longsor yang lebih tepat. Penggunaan SIG dalam pengurangan risiko bencana dianggap efektif karena mampu memberikan informasi spasial yang terorganisir dan membantu dalam pengambilan keputusan untuk perencanaan wilayah dan pengurangan risiko bencana (Rusdiana et al., 2021). Oleh karena itu, penggunaan SIG dalam pengurangan risiko longsor sangat krusial karena dapat memberikan informasi geografis yang tepat, terintegrasi, dan mudah dipahami oleh pihak pengambil keputusan dalam manajemen risiko bencana yang berkelanjutan (Efriyanti et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan pemetaan kerawanan longsor dengan menggunakan SIG di Kecamatan Sibolangit. Penelitian oleh Rahmad dan Nurman (2018) menerapkan metode overlay dengan beberapa faktor seperti curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, geologi, dan penggunaan lahan untuk memetakan tingkat risiko longsor di daerah tersebut. Hasil dari studi tersebut menunjukkan bahwa daerah dengan lereng curam dan curah hujan yang tinggi memiliki risiko longsor yang tinggi. Penelitian lain oleh Sahala (2025) juga mengungkapkan bahwa kawasan Sibolangit memiliki kerentanan longsor yang tinggi disebabkan oleh kemiringan lereng yang curam dan tanah yang mudah rapuh (Sahala et al., 2025).

Metode tumpang susun berbobot biasanya digabungkan dengan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dan sudah sering digunakan dalam membuat peta kerawanan longsor. Meskipun demikian, pendekatan ini memiliki keterbatasan mendasar. Pertama, penentuan bobot antar faktor didasarkan pada penilaian para ahli, sehingga bersifat subjektif, dan hasilnya bisa berbeda tergantung siapa yang menilai (Jasrotia et al., 2026; Jazouli & Barakat, 2019; Zhou et al., 2016). Kedua, model ini bersifat deterministik, artinya kombinasi faktor dan bobot yang sama akan selalu menghasilkan keluaran yang sama, sehingga tidak mampu memperlihatkan sifat acak atau probabilitas dalam terjadinya longsor tanah, seperti yang dikemukakan oleh Shanu dan tim dalam penelitian tahun 2026 (Shanu et al., 2026). Ketiga, penjumlahan

linear berbobot mengevaluasi setiap sel raster berdasarkan atributnya masing-masing, sehingga pengaruh spasial lereng curam terhadap area sekitarnya tidak dijelaskan secara langsung. Sementara itu, analisis zona penyangga biasanya digunakan untuk menghubungkan jarak dengan faktor penyebab dan kejadian longsor, serta penentuan jarak zona penyangga mempengaruhi tingkat akurasi pemetaan (Fang et al., 2023; Yang et al., 2024).

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini menggunakan analisis buffer pada lereng curam sebagai pendekatan berbasis jarak yang tidak memerlukan penilaian subjektif, sehingga kriteria klasifikasinya lebih jelas dan bisa diterapkan lagi. Kemiringan lereng dipilih sebagai faktor utama karena secara terus-menerus dilaporkan sebagai parameter yang paling berpengaruh terhadap risiko longsor (Çellek, 2020), sementara jenis tanah digunakan untuk menjelaskan perbedaan tingkat kerentanan di wilayah tersebut. Pendekatan ini mempunyai kelemahan, yaitu hasilnya sangat tergantung pada jarak buffer yang dipilih (Huang et al., 2022), sehingga jarak tersebut harus disesuaikan dengan ciri-ciri lereng setempat dan dicek kebenarannya. Data DEMNAS digunakan agar klasifikasi kemiringan lereng menjadi lebih jelas dan rinci.

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengenali karakteristik daerah yang mungkin terpengaruh longsor di Kecamatan Sibolangit, menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor, serta menghasilkan peta kerawanan longsor dengan pendekatan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kuantitatif yang menggunakan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Metodologi deskriptif bertujuan untuk menjelaskan tingkat risiko tanah longsor berdasarkan kondisi fisik area, sementara pendekatan kuantitatif diaplikasikan dalam pengolahan data spasial untuk menghasilkan klasifikasi tingkat risiko longsor. Penggunaan SIG dianggap sangat efektif dalam studi tentang risiko longsor karena bisa menggabungkan berbagai faktor lingkungan seperti kemiringan lereng, tipe tanah, curah hujan, dan penggunaan lahan dalam analisis spasial yang sistematis (Rusdiana et al., 2021). Selain itu, analisis spasial yang berbasis SIG juga sering digunakan dalam penelitian untuk mitigasi bencana karena dapat memberikan informasi yang akurat untuk membantu pengambilan keputusan di suatu daerah (Sari et al., 2025).

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sibolangit, Sumatera Utara. Lokasi penelitian dipilih karena topografi yang bergelombang dan lereng tajam serta curah hujan yang tinggi, yang menjadikannya rentan terhadap tanah longsor. Penelitian ini berlangsung pada tahun 2025 dengan menggunakan data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai sumber resmi dan publikasi ilmiah. Sumber data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang mencakup informasi tentang kemiringan lereng, tipe tanah, serta referensi ilmiah yang berkaitan dengan risiko longsor. Data topografi diperoleh dari Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS), sedangkan data mengenai tipe tanah didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan berbagai sumber geospasial lain. Selain itu, penelitian juga melibatkan data pendukung dari jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, serta dokumen dari lembaga pemerintah seperti Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), dan Badan Pusat Statistik (BPS). Karena penelitian ini bersifat studi spasial dan literatur, tidak ada responden atau informan lapangan yang terlibat. Fokus utama penelitian lebih kepada analisis data geospasial serta penafsiran kondisi fisik wilayah yang berdampak pada potensi longsor.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dan studi literatur. Studi dokumentasi meliputi pengumpulan data spasial seperti peta kemiringan lereng dan peta tipe tanah, sementara studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai teori, konsep, dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tanah longsor, mitigasi bencana, dan penggunaan Sistem Informasi Geografis. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan dasar teoritis serta informasi relevan yang menyokong penelitian. Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak Sistem Informasi Geografis, yaitu ArcGIS, yang berfungsi untuk memproses dan menganalisis data spasial. Selain itu, data dari Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) digunakan untuk menghasilkan peta kemiringan lereng. Faktor yang diukur dalam penelitian ini meliputi kemiringan lereng dan tipe tanah sebagai parameter utama risiko longsor. Kemiringan lereng dianalisis karena mempengaruhi stabilitas

lereng serta gaya gravitasi yang bekerja pada massa tanah, sedangkan tipe tanah dianalisis untuk memahami sifat fisik tanah yang dapat memengaruhi tingkat kerentanan terhadap longsor.

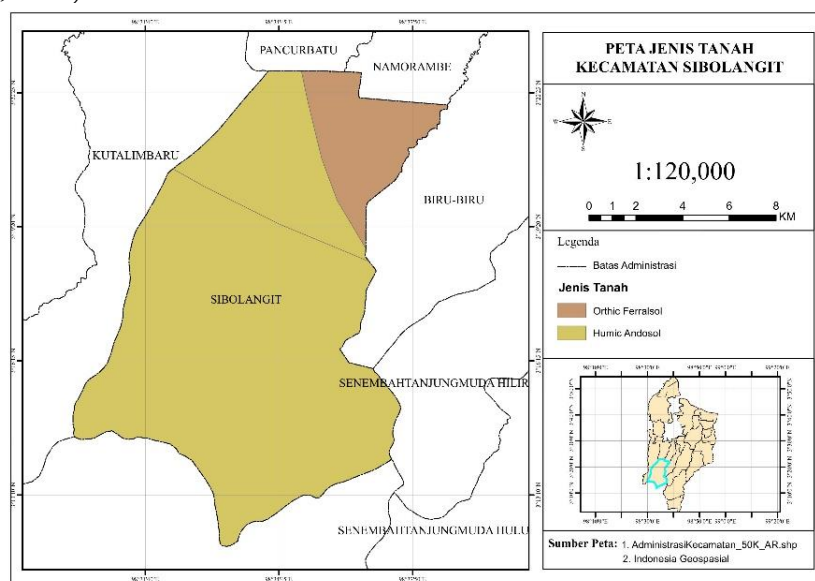
TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Menurut Dani Prasetyo, Wilayah yang mungkin terkena tanah longsor biasanya memiliki ciri geomorfologi seperti permukaan yang curam, tanah yang gampang hancur, dan hujan yang sering. Keadaan ini menyebabkan lereng menjadi tidak stabil sehingga meningkatkan peluang terjadinya pergerakan tanah atau batu. Tanah longsor adalah proses pindahnya material yang membentuk lereng, yang terjadi karena terganggunya keseimbangan gaya pada lereng, baik dari faktor alam maupun aktivitas manusia. Maka dari itu, mengenali ciri-ciri wilayah yang rawan longsor sangat penting untuk memahami seberapa rentan suatu daerah terhadap bencana ini (Prasetyo et al., 2022).

Kecamatan Sibolangit secara geografis terletak di area perbukitan hingga pegunungan yang merupakan bagian dari rangkaian Bukit Barisan. Ciri morfologi ini menjadikan wilayah tersebut tergolong sebagai daerah yang berisiko tinggi terhadap longsor, terutama disebabkan oleh kombinasi kemiringan lereng, kondisi geologi, dan hujan yang deras. Penelitian dalam *Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota* menunjukkan bahwa daerah yang didominasi oleh lereng curam dan curah hujan tinggi memiliki kemungkinan besar untuk mengalami longsor karena ketidakstabilan lereng serta peningkatan tekanan air di dalam tanah (Usman, 2021).

Dari sudut pandang geologi dan jenis tanah, daerah seperti Sibolangit biasanya terdiri dari material yang berasal dari pelapukan batuan vulkanik dan sedimen yang memiliki daya rekat rendah dan mudah menyerap air. Faktor-faktor ini mempercepat proses pelembutan tanah saat hujan dengan intensitas tinggi terjadi. Penelitian lain di *Kappa Journal* menunjukkan bahwa adanya tanah yang cepat jenuh air dan curah hujan tinggi (≥ 2000 mm/tahun) merupakan tanda yang jelas dari daerah yang rentan terhadap longsor (Fadila et al., 2025).

Jenis tanah adalah salah satu elemen penting yang memengaruhi stabilitas lereng dan daya dukung tanah terhadap tekanan gravitasi. Setiap jenis tanah memiliki sifat fisik yang berbeda, seperti tekstur, struktur, permeabilitas, dan tingkat pelapukan. Dalam kajian di Kecamatan Sibolangit, perlu dilakukan analisis jenis tanah untuk mengetahui bagaimana sifat-sifat tanah dapat meningkatkan atau mengurangi kemungkinan terjadinya longsor. Tanaman sebenarnya sangat penting dalam memperkuat struktur tanah karena akar tanaman bisa menjaga partikel tanah agar tidak mudah bergerak. Ketika area yang ditutupi oleh tanaman berkurang, kemampuan tanah untuk menahan air dan menjaga kestabilan lereng pun menurun, sehingga risiko terjadinya longsor menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, aktivitas manusia sering kali menjadi penyebab yang mempercepat munculnya longsor di daerah yang sudah rentan secara alami (Tuwonaung et al., 2019).



Gambar 1. Peta Jenis Tanah Kecamatan Sibolangit
(Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2026)

Tanah yang memiliki struktur yang lemah atau mudah terurai, seperti yang banyak mengandung lempung, cenderung lebih mudah mengalami longsor. Selain itu, komposisi batuan dan seberapa banyak batuan tersebut terurai juga berperan dalam stabilitas lereng. Daerah yang memiliki batuan yang sudah terurai secara signifikan akan memiliki daya rekat yang rendah, sehingga lebih gampang mengalami pergeseran massa ketika diberikan tekanan ekstra dari air atau beban di atasnya. Aspek geologi ini sering kali menjadi salah satu faktor utama dalam penilaian risiko longsor menggunakan Sistem Informasi Geografis (Heri, 2025).

Pada gambar diatas yaitu peta jenis tanah terdapat dua jenis tanah antara lain Humic Andosol (yang berwarna kuning) mendominasi sebagian besar area Kecamatan Sibolangit, terutama di bagian tengah hingga selatan. Dalam kajian tanah, keberadaan Andosol yang dominan menunjukkan bahwa daerah ini mempunyai bahan asal berupa abu dari gunung berapi atau tefra. Ciri-ciri "Humic" menunjukkan bahwa terdapat banyak bahan organik, yang biasanya terkumpul karena suhu yang lebih dingin di dataran tinggi menghambat proses pembusukan yang cepat. Secara penting, ini menunjukkan bahwa daerah Sibolangit memiliki tanah yang sangat porous dan kemampuan untuk menyimpan air yang tinggi, sehingga membuatnya menjadi area yang penting untuk penyerapan air bagi wilayah di bawahnya. Karena Andosol sering berada di atas lapisan batuan induk yang lebih padat (seperti lava atau tufa yang telah padat), air yang masuk akan terjebak di batas tersebut dan berfungsi sebagai tempat meluncur. Kenaikan tekanan air dalam pori-pori tanah ini mengurangi gaya gesek antara partikel tanah, yang kemudian menyebabkan terjadinya longsor aliran (*debris flow*) atau longsor cepat yang sering muncul di lereng curam Sibolangit.

Sementara itu, di area timur laut yang berbatasan dengan Namorambe dan Biru-Biru, bisa ditemukan Orthic Ferralsol yang berwarna cokelat muda. Kehadiran Ferralsol di lokasi ini menunjukkan adanya peralihan menuju tahap pelapukan yang lebih dalam. Tidak seperti Andosol yang relatif "muda" dari segi mineralogi, Ferralsol adalah jenis tanah yang mengandung banyak seskuoksida besi dan aluminium, tetapi biasanya memiliki tingkat kejenuhan basa yang rendah. Secara keseluruhan, perbedaan ini menggambarkan adanya variasi usia tanah atau perbedaan tingkat pencucian di timur laut, di mana mineral-mineral utama telah banyak hancur menjadi mineral liat kaolinit.

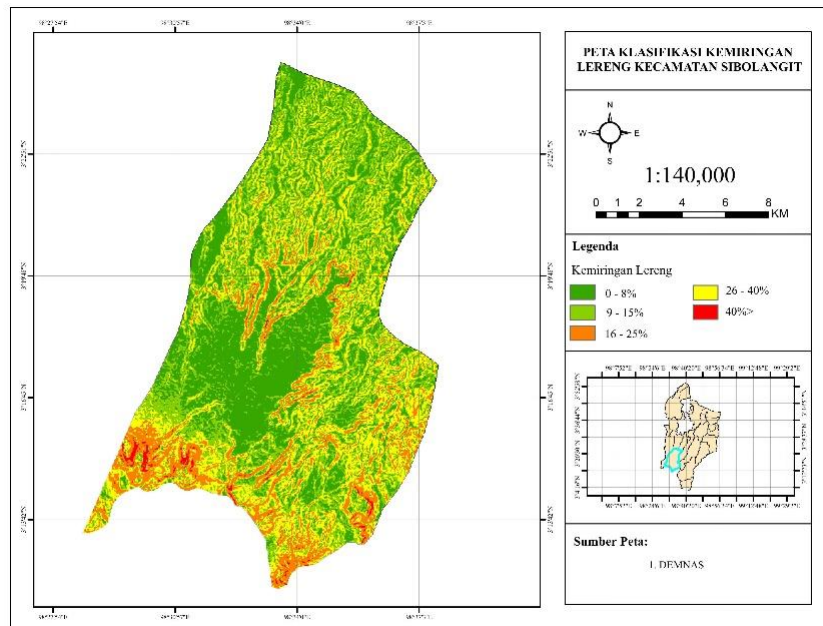
Karakteristik lengket yang ada pada Ferralsol biasanya menyebabkan terjadinya longsor tipe rotasi atau pergerakan lambat. Walaupun pergerakannya tidak secepat Andosol, Ferralsol memiliki kemampuan untuk menahan yang rendah jika strukturnya rusak oleh air, yang mengakibatkan lereng menjadi tidak stabil dalam jangka waktu panjang. Kemiringan lereng adalah salah satu faktor penting yang berpengaruh pada risiko longsor di suatu area. Lereng yang curam memiliki gaya gravitasi yang lebih kuat, sehingga tanah atau batuan lebih gampang bergerak ke bawah saat keseimbangan lereng terputus. Oleh sebab itu, mempelajari kemiringan lereng adalah langkah yang krusial dalam penelitian pemetaan risiko longsor, karena hal ini dapat menunjukkan seberapa stabil bentuk fisik suatu daerah secara spasial.

Selain faktor jenis tanah, keadaan cuaca terutama jumlah hujan juga merupakan ciri penting dari kawasan yang rawan terjadi longsor. Hujan yang deras bisa meningkatkan kadar air di dalam tanah, yang membuat tanah menjadi jenuh dan kehilangan daya dukungnya. Air hujan yang meresap ke dalam tanah akan meningkatkan tekanan di pori-pori tanah dan mengurangi daya tarik antara butiran tanah, sehingga memicu pergerakan massa tanah di lereng yang tidak stabil. Maka dari itu, kawasan dengan hujan yang tinggi, terutama di daerah pegunungan tropis, biasanya lebih rentan terhadap longsor dibandingkan dengan daerah yang memiliki sedikit hujan (Nasiah & Invanni, 2014).

Secara umum, ciri-ciri daerah yang rentan terhadap longsor muncul dari hubungan antara banyak faktor seperti bentuk tanah, cuaca, jenis tanah, dan kegiatan manusia. Gabungan dari faktor-faktor ini dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya longsor, khususnya di daerah yang memiliki bentuk perbukitan seperti di Kecamatan Sibolangit. Jadi, memahami karakteristik suatu wilayah sangat penting untuk memetakan kerawanan longsor, karena dapat memberikan informasi tentang keadaan lingkungan yang dapat menyebabkan terjadinya bencana itu.

Selain itu, penggunaan analisis lokasi yang berbasis Sistem Informasi Geografis tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk pemetaan, tetapi juga berperan sebagai alat penilaian dalam perencanaan mitigasi bencana yang berkelanjutan. Penggabungan parameter tanah dan lereng melalui analisis lokasi memungkinkan untuk mengidentifikasi area yang berisiko terjadinya tanah longsor dengan lebih objektif,

sehingga hasil pemetaan dapat dijadikan sebagai dasar ilmiah dalam proses pengambilan keputusan untuk mengelola daerah yang rentan terhadap longsor.



Gambar 1. Peta Jenis Tanah Kecamatan Sibolangit
(Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2026)

Ciri utama dari area yang rentan terhadap longsor sering kali berhubungan dengan keadaan tanah dan bentuk permukaan, terutama kemiringan lereng. Lereng yang landai memiliki kekuatan gravitasi yang lebih besar, sehingga tanahnya lebih gampang jatuh ke bawah ketika tidak stabil. Penelitian yang dilakukan oleh ilmuwan geografi mengungkapkan bahwa kemiringan lereng adalah faktor utama yang mempengaruhi terjadinya longsor, khususnya di daerah perbukitan dan pegunungan. Di tempat dengan lereng yang curam, proses pembusukan dan pengikisan tanah terjadi lebih cepat, yang meningkatkan peluang terjadinya longsor (Mustika et al., 2017).

Berdasarkan proses pengolahan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dengan menggunakan analisis kemiringan lereng melalui perangkat lunak Sistem Informasi Geografis seperti ArcGIS, daerah Kecamatan Sibolangit dibagi menjadi lima kategori kemiringan lereng, yaitu 0–8%, 9–15%, 16–25%, 26–40%, dan lebih dari 40%. Pembagian ini bertujuan untuk menjelaskan perbedaan dalam kondisi topografi area penelitian serta kaitannya dengan kemungkinan terjadinya tanah longsor. Seperti yang terdapat pada **Gambar 1**, hasil analisis peta menunjukkan bahwa zona dengan kemiringan lereng antara 0 sampai 8% (lereng yang rata) ditandai dengan warna hijau gelap pada peta dan menjadi yang paling banyak di bagian tengah area penelitian. Daerah ini memiliki bentuk tanah yang cukup datar, sehingga kestabilan tanahnya lebih baik dibandingkan dengan daerah yang memiliki lereng yang curam. Di area dengan lereng yang datar, gaya gravitasi yang mempengaruhi tanah tidak begitu besar, sehingga kemungkinan terjadinya longsor menjadi lebih kecil. Wilayah yang memiliki ciri seperti ini umumnya lebih aman untuk digunakan sebagai tempat tinggal maupun untuk kegiatan pertanian karena risiko pergerakan tanahnya relatif rendah.

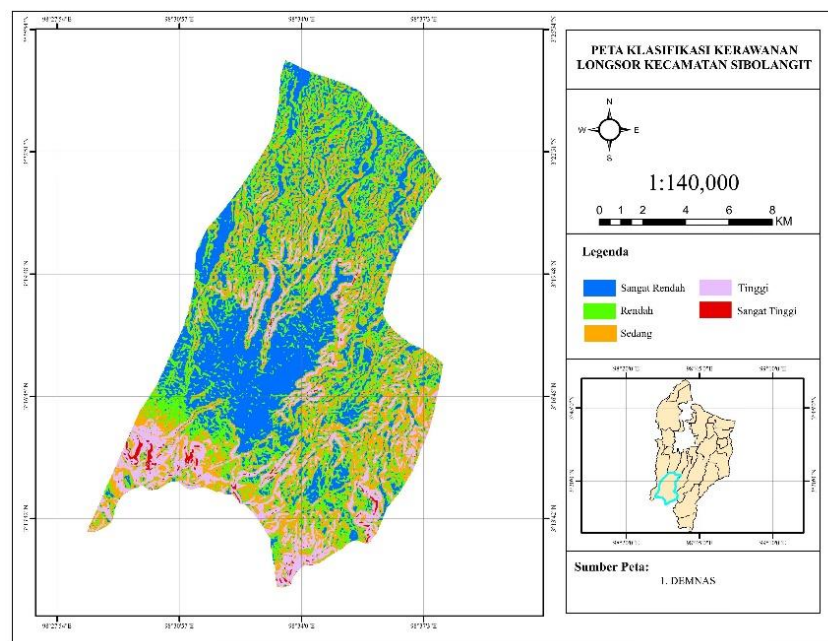
Kelas kemiringan lereng antara 9-15% yang diwarnai hijau muda menunjukkan kondisi lereng yang sedikit miring sampai landai. Penyebaran kelas ini cukup luas dan mengelilingi daerah datar di tengah area penelitian. Meskipun kemiringannya tergolong rendah, kawasan dengan kelas lereng ini masih memiliki risiko erosi permukaan, terutama di tempat yang ada perubahan penggunaan lahan. Jika jumlah vegetasi menurun atau terjadi hujan deras, kestabilan lereng dapat berkurang sehingga meningkatkan kemungkinan terjadi tanah longsor kecil. Kelas kemiringan antara 16-25% yang dipresentasikan dengan warna oranye menunjukkan adanya lereng dengan sudut menengah. Distribusi kelas ini mengikuti bentuk-bentuk bukit yang cukup rumit di area penelitian. Pada kemiringan ini, tenaga gravitasi yang berpengaruh terhadap tanah sudah cukup signifikan, sehingga kestabilan lereng mulai berkurang, terutama jika ditambah dengan faktor-faktor lain seperti hujan yang intens dan kondisi tanah yang mudah hancur. Oleh

karena itu, daerah dengan kemiringan lereng menengah sering kali menjadi area transisi antara daerah yang stabil dan daerah yang memiliki risiko longsor yang lebih tinggi.

Berikutnya, kelas kemiringan lereng antara 26 hingga 40% yang ditandai dengan warna kuning menunjukkan lereng yang cukup curam. Pada peta, area ini terlihat di sekitar lereng perbukitan yang mengelilingi lokasi penelitian. Lereng yang memiliki kemiringan ini cenderung kurang stabil karena pengaruh gaya gravitasi yang lebih besar pada bahan tanah. Keadaan ini membuat tanah lebih rentan bergerak jika kadar air tanah meningkat akibat hujan deras. Wilayah dengan kemiringan ini biasanya memiliki risiko longsor yang cukup tinggi, sehingga memerlukan pengelolaan lahan yang lebih hati-hati.

Yang terakhir kelas kemiringan lereng yang lebih dari 40% yang ditandai dengan warna merah merupakan kategori lereng yang sangat curam dan memiliki risiko longsor yang tertinggi. Pada peta, kelas ini terlihat menyebar di beberapa area, terutama di zona perbukitan di bagian selatan dan barat dari lokasi penelitian. Lereng yang sangat curam membuat keseimbangan di lereng menjadi tidak stabil, sehingga tanah atau batuan mudah bergerak. Jika situasi ini digabungkan dengan faktor pemicu seperti hujan deras, kegiatan manusia, atau pelapukan batu, maka kemungkinan terjadinya longsor akan meningkat.

Secara keseluruhan, hasil dari analisis kemiringan lereng menunjukkan bahwa area penelitian memiliki bentuk tanah yang cukup rumit dengan daerah datar hingga miring di bagian tengah, serta lereng yang curam hingga sangat curam di tepi wilayah. Pola ini menunjukkan sifat geomorfologi dari daerah perbukitan yang memiliki risiko longsor yang cukup tinggi, terutama pada zona dengan kemiringan lereng lebih dari 25%. Oleh karena itu, sudut kemiringan lereng menjadi elemen penting dalam penilaian risiko longsor dan akan dijadikan salah satu variabel utama dalam proses analisis overlay di tahap selanjutnya dalam penelitian ini.



Gambar 1. Peta Kerawanan Longsor Kecamatan Sibolangit
(Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2026)

Berdasarkan hasil pemetaan potensi tanah longsor di Kecamatan Sibolangit dengan skala 1:140.000, tampilan data memperlihatkan distribusi ruang yang beragam dengan dominasi kelas kerentanan yang berkisar dari Sangat Rendah hingga Sangat Tinggi. Penomoran zona ini lebih dari sekadar pengkodean warna, tetapi merupakan cerminan dari interaksi rumit antara faktor topografi, tipe tanah, dan penggunaan lahan di daerah ini. Secara kritis, daerah yang menunjukkan kerawanan tinggi (Ungu) dan sangat tinggi (Merah) terlihat terakumulasi secara signifikan di bagian barat daya serta beberapa lokasi di timur area penelitian. Dalam hal geomorfologi, wilayah ini kemungkinan mempunyai kemiringan curam (di atas 40%), yang merupakan karakteristik utama dari daerah pegunungan di Sibolangit.

Keberadaan zona merah yang terpisah namun jelas menunjukkan adanya ketidakstabilan lereng yang serius. Apabila di area ini terdapat kegiatan manusia seperti perubahan fungsi lahan hutan menjadi area pertanian atau pemukiman, maka kemungkinan terjadinya bencana seperti likuefaksi atau pergerakan tanah akan meningkat secara signifikan, terutama ketika curah hujan melebihi batas infiltrasi tanah yang dapat diterima. Daerah yang dikategorikan sebagai Rendah (Hijau) dan Sedang (Oranye) terlihat mendominasi hampir seluruh bagian tengah hingga utara. Wilayah ini berfungsi sebagai zona peralihan. Walaupun secara teori lebih stabil dibandingkan zona merah, area "Sedang" tetap membutuhkan pengawasan yang ketat. Pola distribusi menunjukkan bahwa zona sedang ini sering kali berbatasan langsung dengan zona tinggi, yang menunjukkan kemungkinan perluasan area yang berisiko jika terjadi kerusakan lingkungan secara terus menerus.

Wilayah yang ditandai dengan warna Biru (Sangat Rendah) berada di tengah kawasan yang relatif luas. Pola tersebut menunjukkan adanya morfologi dataran atau cekungan yang memiliki kemiringan yang tidak curam. Dari segi hidrologi, wilayah ini bisa memiliki peran sebagai zona pengumpulan, tetapi berdasarkan analisis mekanika tanah, ia menunjukkan faktor keamanan lereng yang paling kuat dalam model ini. Berdasarkan peta jenis tanah, hampir seluruh area Kecamatan Sibolangit didominasi oleh tipe tanah Humic Andosol (Kuning). Dari sudut pandang pedologi, Andosol adalah tanah yang terbentuk dari aktivitas vulkanik dan kaya akan bahan organik, tetapi memiliki sifat fisik yang sangat longgar dan tingkat porositas yang tinggi. Secara kritis, dominasi jenis Andosol ini menjadi salah satu faktor utama yang mendukung tingginya risiko terjadinya longsor di daerah Sibolangit. Saat curah hujan meningkat, tanah Andosol akan dengan cepat menyerap air hingga mencapai kondisi jenuh. Hal ini secara signifikan menambah berat tanah dan mengurangi daya gesernya, sehingga di tempat dengan kemiringan yang curam, tanah ini cenderung berfungsi sebagai permukaan gelincir yang tidak stabil.

Jika data tentang tipe tanah tersebut dibandingkan dengan Peta Klasifikasi Kemiringan Lereng, terdapat keselarasan spasial yang sangat jelas. Area di bagian barat daya dengan kelas kemiringan lereng lebih dari 40% (Merah) dan 26-40% (Kuning) berdekatan langsung dengan zona kerentanan longsor yang tergolong "Sangat Tinggi" pada peta utama. Kemiringan lereng yang melebihi 40% menghasilkan gaya pendorong yang jauh lebih kuat dibandingkan dengan gaya penahanan. Di sinilah letak esensinya: interaksi antara morfologi lereng yang sangat curam dan sifat fisik tanah Andosol yang tidak kohesif menciptakan situasi yang sempurna untuk terjadinya debris flow maupun longsor tanah tipe rotasi.

Di bagian timur laut, ada penyebaran tanah jenis Orthic Ferralsol (Cokelat) yang berbatasan dengan daerah Namorambe dan Biru-Biru. Ferralsol umumnya merupakan tanah yang sudah mengalami proses pelapukan yang sangat lanjut. Meskipun memiliki sistem drainase yang baik, di area dengan kemiringan lereng sedang (16-25%), masih tampak tingkat kerawanan yang "Sedang" hingga "Tinggi." Hal ini menunjukkan bahwa kemiringan lereng memiliki pengaruh yang lebih besar dalam model kerawanan di Sibolangit dibandingkan hanya variasi jenis tanahnya.

SIMPULAN

Kecamatan Sibolangit memiliki berbagai tingkat bahaya longsor, mulai dari sangat rendah hingga sangat tinggi, dengan mayoritas berada pada kelas sedang hingga tinggi. Kerawanan yang paling tinggi terdapat pada lereng yang curam ($>25\%$ – 40%) di bagian barat daya dan timur. Kemiringan lereng menjadi faktor utama yang mengontrol kondisi, sedangkan tanah Humic Andosol yang memiliki pori-pori banyak membuat tanah lebih rentan karena mudah tergenangi air. Analisis spasial menggunakan metode tumpang susun dan buffer dalam Sistem Informasi Geografis berhasil menggabungkan berbagai faktor tersebut menjadi peta yang menunjukkan wilayah rawan longsor. Namun, penggunaan data sekunder tetap membutuhkan validasi lapangan. Secara praktis, peta ini bisa digunakan sebagai pedoman dalam mengatur tata ruang serta mengurangi risiko bencana, khususnya untuk membatasi pembangunan di lereng yang lebih dari 25% dan menempatkan prioritas pada pelestarian area yang memiliki tanah jenis Humic Andosol. Dari sudut pandang ilmiah, pendekatan buffer pada lereng curam bisa menjadi pilihan yang lebih objektif dan bisa diulang lagi dibandingkan dengan pembobotan yang didasarkan pada pendapat pribadi. Penelitian berikutnya sebaiknya menambahkan variabel seperti curah hujan, kondisi geologi, dan jenis tutupan lahan, serta melakukan pengecekan dengan data nyata mengenai terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Çellek, S. (2020). Effect of the slope angle and its classification on landslide. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2020, 1-23. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-87>
- Chalik, C. A., Wakila, M. H., Jafar, N., Nurhawaisyah, S. R., & Heriansyah, A. F. (2023). Landslide Susceptibility Mapping using Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing Data in North Luwu, South Sulawesi Province, Indonesia. *Journal of Geology and Exploration*, 2(2), 53-62. <https://doi.org/10.58227/jge.v2i2.115>
- Efriyanti, A., Farduwin, A., & Styawan, Y. (2025). Analisis Spasial Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Pemetaan Bahaya dan Risiko Tanah Longsor di Kabupaten Lampung Utara. *Journal Online of Physics*, 11(1), 79-88. <https://doi.org/10.22437/jop.v11i1.49284>
- El Jazouli, A., Barakat, A., & Khellouk, R. (2019). GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenvironmental Disasters*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40677-019-0119-7>
- Fadila, J., Ruhiat, Y., & Haryadi, R. (2025). Pemetaan Potensi Wilayah Bencana Longsor Menggunakan Aplikasi SIG (Sistem Informasi Geografi) di Kabupaten Lebak. *Kappa Journal*, 9(2), 184-191. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i2.29973>
- Fang, L., Wang, Q., Yue, J., & Xing, Y. (2023). Analysis of optimal buffer distance for linear hazard factors in landslide susceptibility prediction. *Sustainability*, 15(13), 10180. <https://doi.org/10.3390/su151310180>
- Gea, N. M. S., & Pinem, K. (2017). Agihan Daerah Rawan Longsor Lahan di Sebagian Wilayah Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Pendidikan Ilmu-Ilmu Sosial*, 9(1), 42-56. <https://doi.org/10.24114/jupiis.v9i1.6460>
- Heri, W. (2025). Analisis pola curah hujan penyebab longsor di Lematang Indah Kota Pagar Alam. *BERING: Besemah Ilmiah Civil Engineering*, 13(1), 1-4. <https://doi.org/10.36050/qxw24r58>
- Huang, F., Pan, L., Fan, X., Jiang, S. H., Huang, J., & Zhou, C. (2022). The uncertainty of landslide susceptibility prediction modeling: suitability of linear conditioning factors. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(5), 182.
- Isnaini, R. (2019). Analisis Bencana Tanah Longsor di Wilayah Provinsi Jawa Tengah. *Islamic Management and Empowerment Journal*, 1(2), 143–160. <https://doi.org/10.18326/imej.v1i2.143-160>
- Jasrotia, A. S., Sharma, A., Das, I. C., Martha, T. R., Kumar, R., Kumar, V., & Rasyal, A. (2026). GIS-based multi-criteria landslide susceptibility assessment in the Northwestern Himalaya, Jammu and Kashmir, India. *Scientific Reports*, 16(1), 27100. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-61626-z>
- Marbun, S.F., Margarethe, J., Margarethe, G., Sari, J.M., Sijabat, K., Marpaung, S. D. (2025). Pemetaan Kerawanan Longsor di Kawasan Kecamatan Sibolangit Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, 2(2), 1235-1242.
- Nasiah, & Invanni, I. (2014). Identifikasi Daerah Rawan Bencana Longsor Lahan Sebagai Upaya Penanggulangan Bencana di Kabupaten Sinjai. *SAINSMAT: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2), 109-121.
- Prasetyo, D. (2022). Pengaruh Aliran Air Hujan Terhadap Daerah Rawan Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). <https://doi.org/10.30743/jtsip.v1i2.6693>
- Putri, Z. D., Sutoyo, S., & Putra, H. (2023). Analisis Kerawanan Longsor dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kabupaten Padang Pariaman. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 492-506. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i2.922>
- Putri, Z. D., Sutoyo, S., & Putra, H. (2023). Analisis Kerawanan Longsor dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kabupaten Padang Pariaman. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 492-506. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i2.922>

- Rusdiana, D. D., Nuryandini, R., Heni Imelia, J., & Syifa 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>
- Sari, M. I., Bachri, S., Udaya, S., Suharto, Y., & Masruroh, H. (2025). Analisis Spasial Kerawanan Longsor Dengan Metode AHP dan SIG Kajian Mitigasi Bencana di Mojo, Kabupaten Kediri. *Ganaya: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 8(3), 11-24.
- Shahabi, H., & Hashim, M. (2015). Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. *Scientific Reports*, 5(1), 9899.
- Shanu, K., Kumar, P. S., Rathi, B. S., & Rangasamy, G. (2026). GIS-based landslide susceptibility zonation using weighted overlay analysis with AHP: a case study of Malappuram district, Kerala, India. *Scientific Reports*, 1-20.
- Tuwonaung, J. B., Gosal, P. H., & Warouw, F. (2019). Analisis Tingkat Kerentanan Tanah Longsor di Wilayah Perkotaan Tahuna Dengan Menggunakan GIS. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 6(1), 49-58.
- Usman, K. S. (2021). Identifikasi Daerah Rawan Tanah Longsor Kabupaten Luwu Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 10(1), 134-148. <https://doi.org/10.24252/jpm.v10i1.34780>
- Yang, Y., Wei, X., Wang, X., Huang, B., Peng, S., Lin, Z., ... & Chen, M. (2024). Optimal statistical method selection for landslide susceptibility assessment and its scale effect. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1464775. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1464775>
- Zhou, S., Chen, G., Fang, L., & Nie, Y. (2016). GIS-based integration of subjective and objective weighting methods for regional landslides susceptibility mapping. *Sustainability*, 8(4), 334. <https://doi.org/10.3390/su8040334>