

Analisis Distribusi Spasial dan Luasan Kelas Kemiringan Lereng Kabupaten Tapanuli Tengah Menggunakan Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS)

Sri Aningsih¹, Alfikri Dwi Mauluda², Shofia Ummi¹, Rizty Maulida Badri¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

²Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

Corresponding Author: Sri Aningsih, e-mail: srianingsih@unimed.ac.id

Published: July , 2026

ABSTRAK

Kemiringan lereng merupakan salah satu parameter topografi yang berperan penting dalam berbagai analisis geospasial, seperti perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya alam, dan pemodelan kebencanaan. Informasi mengenai distribusi kemiringan lereng diperlukan sebagai data dasar dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis spasial. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan distribusi kelas kemiringan lereng serta menghitung luas dan persentase setiap kelas lereng di Kabupaten Tapanuli Tengah menggunakan Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data DEMNAS diolah menggunakan perangkat lunak QGIS melalui tahapan pemotongan data berdasarkan batas administrasi, ekstraksi kemiringan lereng (*slope analysis*), reklasifikasi menjadi lima kelas kemiringan, konversi raster ke poligon, serta perhitungan luas setiap kelas lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kabupaten Tapanuli Tengah memiliki karakteristik topografi yang didominasi oleh lereng sangat curam (>40%) dengan luas 87.301,88 ha (37,36%), diikuti oleh lereng agak curam (15–25%) seluas 55.095,64 ha (23,58%) dan lereng curam (25–40%) seluas 49.897,88 ha (21,35%). Sementara itu, lereng datar (0–8%) hanya mencakup 7.695,91 ha (3,29%) dari total wilayah analisis. Distribusi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah memiliki morfologi berbukit hingga pegunungan. Peta kemiringan lereng beserta informasi luas setiap kelas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai data dasar spasial (*baseline geospatial dataset*) dalam berbagai analisis lanjutan, seperti pemodelan kerawanan banjir, tanah longsor, evaluasi kesesuaian lahan, dan perencanaan pembangunan wilayah.

Kata Kunci: Kemiringan lereng, DEMNAS, Sistem Informasi Geografis, Topografi, Kabupaten Tapanuli Tengah

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Topografi merupakan salah satu faktor fisik yang berperan penting dalam mengendalikan berbagai proses geomorfologi, hidrologi, serta dinamika pemanfaatan lahan. Variasi kondisi topografi memengaruhi pola aliran permukaan, infiltrasi, erosi, sedimentasi, stabilitas lereng, hingga pengembangan kawasan permukiman dan infrastruktur (Fitra et al., 2025; Mosi et al., 2024). Salah satu parameter topografi yang paling banyak digunakan dalam analisis spasial adalah kemiringan lereng (*slope*). Informasi mengenai distribusi kemiringan lereng menjadi dasar dalam berbagai kajian seperti evaluasi kesesuaian lahan, perencanaan tata ruang, konservasi sumber daya alam, serta pemodelan kerawanan bencana, termasuk banjir dan tanah longsor (Handa & Taufik, 2020; Hanif Zahran et al., 2021).

Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan informasi topografi diperoleh secara lebih cepat, akurat, dan efisien dibandingkan metode survei

lapangan konvensional (Aningsih & Mauluda, 2025). Salah satu sumber data yang banyak dimanfaatkan dalam analisis topografi adalah Digital Elevation Model (DEM), yaitu representasi digital permukaan bumi yang menyimpan informasi elevasi dalam bentuk raster. Data DEM dapat diturunkan menjadi berbagai parameter morfometri seperti kemiringan lereng (slope), aspek lereng (aspect), kontur, arah aliran (flow direction), akumulasi aliran (flow accumulation), serta karakteristik daerah aliran sungai (Agung et al., 2026). Pemanfaatan DEM dalam lingkungan SIG memberikan kemudahan dalam menghasilkan informasi topografi yang memiliki cakupan spasial luas dan ketelitian yang memadai untuk berbagai kebutuhan analisis.

Di Indonesia, salah satu sumber data elevasi yang memiliki resolusi spasial relatif tinggi adalah Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang dikembangkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). DEMNAS memiliki resolusi spasial sekitar 8 meter sehingga mampu menggambarkan variasi morfologi permukaan bumi secara lebih rinci dibandingkan beberapa produk DEM global (Juliandri et al., 2022; Zufrimar & Zainal, 2023). Ketersediaan DEMNAS membuka peluang untuk menghasilkan informasi topografi yang lebih akurat sebagai dasar dalam berbagai penelitian geospasial dan perencanaan pembangunan.

Kabupaten Tapanuli Tengah merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Utara yang memiliki kondisi geografis yang beragam, meliputi kawasan pesisir, dataran rendah, perbukitan, hingga pegunungan yang merupakan bagian dari sistem Pegunungan Bukit Barisan (Waruwu & Juliani, 2022). Variasi kondisi topografi tersebut menyebabkan distribusi kemiringan lereng yang heterogen sehingga memengaruhi karakteristik bentang alam, pola penggunaan lahan, pembangunan infrastruktur, serta pengelolaan sumber daya alam. Oleh karena itu, informasi spasial mengenai distribusi kemiringan lereng menjadi data dasar yang penting untuk mendukung berbagai kegiatan perencanaan wilayah.

Sebagian besar penelitian sebelumnya memanfaatkan parameter kemiringan lereng sebagai salah satu variabel dalam analisis multi-kriteria, seperti pemetaan kerawanan banjir, tanah longsor, maupun evaluasi kesesuaian lahan (Nasution et al., 2024; Siswanto, 2015). Namun demikian, penelitian yang secara khusus mendokumentasikan karakteristik spasial kemiringan lereng sebagai data dasar (*baseline geospatial dataset*) pada tingkat kabupaten masih relatif terbatas, khususnya di Kabupaten Tapanuli Tengah. Ketersediaan informasi kemiringan lereng tersebut penting sebagai referensi dalam penyusunan basis data geospasial daerah serta mendukung penelitian lanjutan mengenai kebencanaan, konservasi lahan, maupun perencanaan wilayah.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan distribusi spasial kemiringan lereng Kabupaten Tapanuli Tengah menggunakan data *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) dan Sistem Informasi Geografis. Selain itu, penelitian ini menghitung luas dan persentase masing-masing kelas kemiringan lereng sehingga diperoleh gambaran kuantitatif mengenai karakteristik topografi wilayah. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi data dasar dalam mendukung perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya alam, serta berbagai analisis spasial yang memanfaatkan parameter kemiringan lereng.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Kabupaten Tapanuli Tengah terletak di pesisir barat Pulau Sumatera dan memiliki karakteristik topografi yang bervariasi, mulai dari dataran pantai hingga kawasan perbukitan dan pegunungan. Variasi morfologi tersebut menjadikan wilayah ini memiliki distribusi kemiringan lereng yang beragam sehingga sesuai untuk analisis topografi berbasis Sistem Informasi Geografis.

Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data spasial sekunder yang terdiri atas data elevasi dan batas administrasi wilayah. Data elevasi diperoleh dari Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG), sedangkan batas administrasi Kabupaten Tapanuli Tengah diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Rincian data penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

Data	Sumber	Format	Kegunaan
DEMNAS	Badan Informasi Geospasial	Raster	Analisis Kemiringan Lereng
Peta RBI Kabupaten Tapanuli Tengah	Badan Informasi Geospasial	Shapefile	Batas administrasi wilayah penelitian

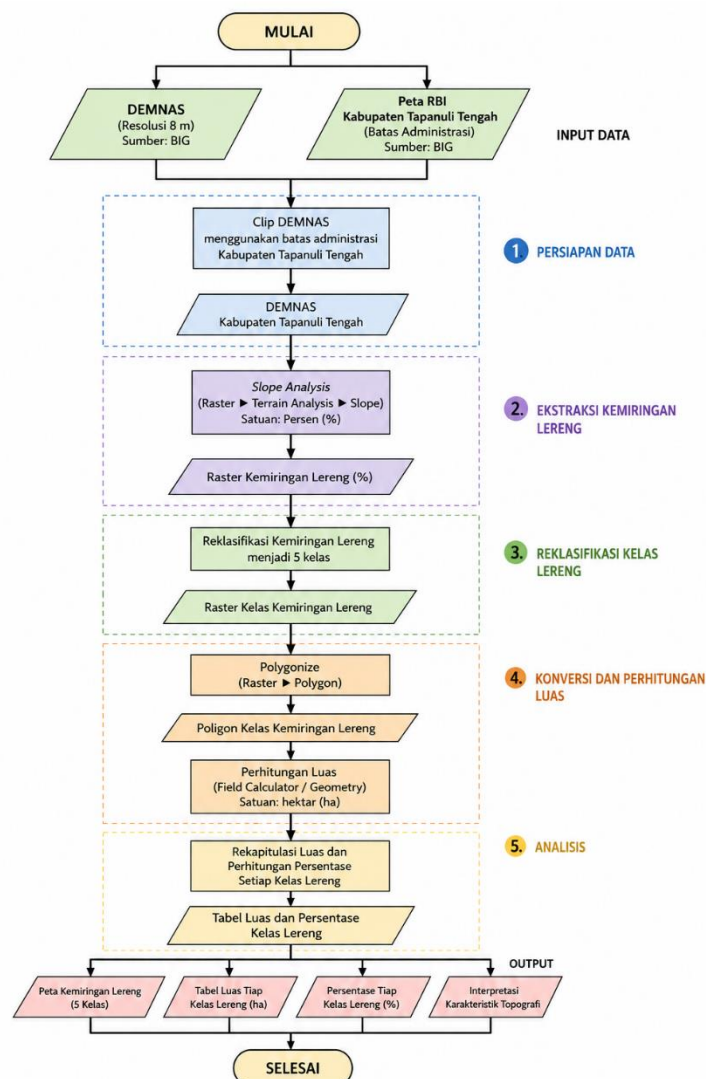
Perangkat Lunak (*Software*)

Pengolahan data spasial dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS versi 3.42. Analisis meliputi pemotongan data DEM, ekstraksi parameter kemiringan lereng, reklasifikasi kelas lereng, konversi raster menjadi poligon, dan perhitungan luas masing-masing kelas. Selanjutnya, pengolahan data statistik dan penyusunan tabel dilakukan menggunakan Microsoft Excel.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Tahap pertama adalah pengumpulan data DEMNAS dan Peta RBI Kabupaten Tapanuli Tengah. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) sebagai batas analisis spasial yang mencakup daratan utama beserta pulau-pulau kecil yang secara administratif termasuk dalam wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah.

Selanjutnya dilakukan proses pemotongan (*clip*) data DEM menggunakan batas administrasi sehingga hanya mencakup wilayah penelitian. Data DEM hasil pemotongan kemudian digunakan sebagai input dalam proses ekstraksi parameter kemiringan lereng (*Slope Analysis*).



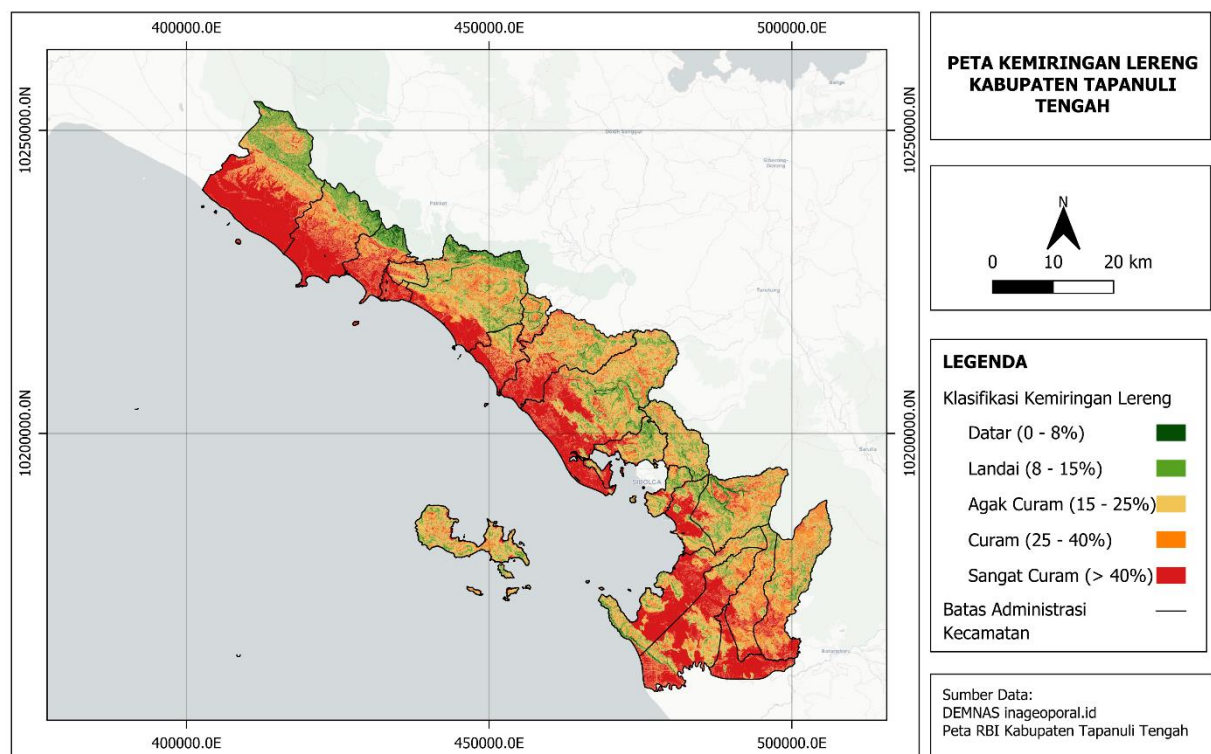
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Raster hasil analisis kemiringan lereng direklasifikasi menjadi lima kelas berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng yang umum digunakan di Indonesia, yaitu datar (0–8%), landai (8–15%), agak curam (15–25%), curam (25–40%), dan sangat curam (>40%). (Gafuraningtyas & Wibowo, 2023; Hulu et al., 2025). Raster hasil reklasifikasi kemudian dikonversi menjadi data vektor (*Polygonize*) sehingga luas setiap kelas lereng dapat dihitung menggunakan fitur *Field Calculator*. Selanjutnya dilakukan rekapitulasi luas dan persentase masing-masing kelas lereng untuk menghasilkan informasi statistik yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta tematik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Spasial Kemiringan Lereng Kabupaten Tapanuli Tengah

Hasil pengolahan data *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) menggunakan Sistem Informasi Geografis menghasilkan peta distribusi kemiringan lereng Kabupaten Tapanuli Tengah sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Peta tersebut menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki variasi kemiringan lereng yang cukup tinggi, mulai dari daerah datar hingga kawasan dengan lereng sangat curam.



Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Tapanuli Tengah.

Secara spasial, kelas lereng datar (0–8%) dan landai (8–15%) umumnya tersebar pada kawasan pesisir barat yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Wilayah ini dicirikan oleh perubahan elevasi yang relatif kecil sehingga membentuk morfologi dataran rendah. Sebaliknya, kawasan bagian tengah hingga timur Kabupaten Tapanuli Tengah didominasi oleh kelas lereng agak curam, curam, dan sangat curam. Pola tersebut membentuk zona perbukitan hingga pegunungan yang memanjang mengikuti arah Pegunungan Bukit Barisan. Kondisi ini menunjukkan adanya perubahan elevasi yang cukup signifikan dari kawasan pantai menuju wilayah pedalaman, sehingga menghasilkan bentang alam yang kompleks dengan relief yang relatif terjal. Distribusi spasial tersebut memperlihatkan bahwa karakteristik topografi Kabupaten Tapanuli Tengah dipengaruhi oleh kombinasi kawasan pesisir dan sistem pegunungan, sehingga menghasilkan variasi kemiringan lereng yang cukup tinggi dalam satu wilayah administrasi.

Luas dan Persentase Kelas Kemiringan Lereng

Hasil klasifikasi kemiringan lereng menunjukkan bahwa Kabupaten Tapanuli Tengah memiliki luas wilayah sekitar 233.674,83 ha yang terbagi ke dalam lima kelas kemiringan lereng sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas dan persentase kelas kemiringan lereng Kabupaten Tapanuli Tengah

Kelas Lereng	Luas (ha)	Persentase Luas (%)
Datar (0-8%)	7.695,91	3,29
Landai (8-15%)	33.683,51	14,41
Agak Curam (15-25%)	55.095,64	23,58
Curam (25-40%)	49.897,88	21,35
Sangat Curam (>40%)	87.301,88	37,36
Total	233.674,83	100,00

Berdasarkan Tabel 2, kelas lereng sangat curam (>40%) merupakan kelas yang paling dominan dengan luas mencapai 87.301,88 ha atau sekitar 37,36% dari total wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah. Luas tersebut menunjukkan bahwa lebih dari sepertiga wilayah penelitian memiliki morfologi yang tergolong sangat terjal. Kelas agak curam (15–25%) menempati urutan kedua dengan luas 55.095,64 ha (23,58%), diikuti oleh kelas curam (25–40%) seluas 49.897,88 ha (21,35%). Dengan demikian, sekitar 82,29% wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah berada pada kelas kemiringan lereng lebih dari 15%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa karakteristik topografi wilayah secara umum didominasi oleh bentang alam bergelombang hingga pegunungan. Sementara itu, kelas landai (8–15%) memiliki luas 33.683,51 ha atau sekitar 14,41%, sedangkan kelas datar (0–8%) merupakan kelas dengan luasan terkecil, yaitu hanya 7.695,91 ha atau sekitar 3,29% dari luas wilayah. Luas yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa kawasan dataran di Kabupaten Tapanuli Tengah terbatas dan umumnya berkembang pada daerah pesisir.

Interpretasi Karakteristik Topografi Kabupaten Tapanuli Tengah

Distribusi kelas kemiringan lereng menunjukkan bahwa Kabupaten Tapanuli Tengah memiliki karakteristik topografi yang didominasi kawasan berbukit hingga pegunungan. Dominasi kelas lereng curam dan sangat curam mencerminkan kondisi geomorfologi wilayah yang dipengaruhi oleh keberadaan Pegunungan Bukit Barisan sebagai salah satu satuan fisiografi utama di Pulau Sumatera. Proporsi kawasan dengan lereng lebih dari 25% mencapai 58,71% dari total luas wilayah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki relief yang relatif terjal sehingga memerlukan perhatian dalam berbagai kegiatan pembangunan maupun pengelolaan sumber daya alam. Pada kawasan dengan kemiringan tinggi, pembangunan infrastruktur seperti jalan, permukiman, dan fasilitas umum memerlukan perencanaan teknis yang lebih baik karena kondisi lereng yang lebih kompleks dibandingkan kawasan datar.

Sebaliknya, kawasan dengan lereng datar hingga landai yang hanya mencakup sekitar 17,70% dari luas wilayah. Lereng datar lebih berpotensi dimanfaatkan untuk pengembangan kawasan permukiman, pertanian intensif, pusat pelayanan, maupun pembangunan infrastruktur (Prabandari & Wibowo, 2024). Daerah tersebut umumnya berkembang di sepanjang dataran pantai yang memiliki kondisi topografi relatif stabil.

Informasi mengenai distribusi kemiringan lereng juga memiliki peranan penting sebagai data dasar dalam berbagai analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis. Parameter kemiringan lereng merupakan salah satu variabel utama yang banyak digunakan dalam pemodelan kerawanan banjir, kerawanan longsor, evaluasi kesesuaian lahan, konservasi tanah dan air, serta perencanaan tata ruang. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa sebagian besar wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah memiliki karakteristik topografi berbukit hingga pegunungan yang didominasi oleh kelas lereng curam dan sangat curam. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rijal et al., (2025) yang menempatkan kemiringan lereng sebagai salah satu parameter dengan pengaruh terbesar dalam penyusunan *Ecological*

Sensitivity Index pada DAS Suso dan Suli. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemiringan lereng merupakan parameter topografi yang sangat penting dalam berbagai analisis lingkungan karena memengaruhi dinamika aliran permukaan, proses erosi, serta sensitivitas ekosistem. Dominasi lereng curam di Kabupaten Tapanuli Tengah mengindikasikan bahwa wilayah ini berpotensi mengalami limpasan permukaan yang lebih cepat dibandingkan daerah dengan topografi datar. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Kasury et al., (2025) yang menunjukkan bahwa kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi proses erosi, sedimentasi, dan limpasan permukaan pada daerah aliran sungai. Oleh karena itu, informasi distribusi kelas lereng yang dihasilkan pada penelitian ini dapat menjadi data awal dalam pengembangan analisis konservasi lahan maupun pengelolaan DAS. Berbeda dengan penelitian ini yang hanya berfokus pada karakterisasi spasial kemiringan lereng, Siddiqi et al., (2025) mengintegrasikan parameter kemiringan lereng dengan NDVI, NDWI, dan curah hujan dalam pemodelan kerawanan banjir. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa informasi kemiringan lereng yang dihasilkan pada penelitian ini dapat berfungsi sebagai baseline geospasial dataset yang selanjutnya dapat diintegrasikan dengan parameter hidrologi dan penggunaan lahan untuk menghasilkan pemodelan kerawanan banjir yang lebih komprehensif. Oleh karena itu, peta kemiringan lereng yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai *baseline geospasial* dataset dalam berbagai penelitian lanjutan maupun penyusunan kebijakan pembangunan daerah.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memetakan distribusi kelas kemiringan lereng Kabupaten Tapanuli Tengah menggunakan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan informasi kuantitatif mengenai luas dan persentase setiap kelas kemiringan lereng sehingga memberikan gambaran karakteristik topografi wilayah secara spasial. Hasil tersebut menunjukkan bahwa parameter kemiringan lereng dapat diekstraksi secara efektif dari data DEMNAS dan dimanfaatkan sebagai informasi dasar dalam analisis geospasial.

Kelebihan penelitian ini berupa penggunaan data DEMNAS yang memiliki resolusi spasial relatif tinggi serta metode pengolahan yang sederhana, efisien, dan mudah direplikasi pada wilayah lain. Namun demikian, penelitian ini masih terbatas pada analisis satu parameter topografi, yaitu kemiringan lereng, sehingga belum mampu menggambarkan kondisi kerawanan banjir secara komprehensif. Kerawanan banjir dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti curah hujan, elevasi, penggunaan lahan, jenis tanah, kedekatan terhadap sungai, dan karakteristik drainase, yang belum diintegrasikan dalam penelitian ini.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan analisis berbasis multi-parameter dengan mengombinasikan kemiringan lereng bersama parameter-parameter hidrologi dan lingkungan lainnya menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis dan metode pengambilan keputusan spasial. Integrasi berbagai parameter tersebut diharapkan mampu menghasilkan pemodelan kerawanan banjir yang lebih komprehensif dan akurat sehingga dapat mendukung penyusunan strategi mitigasi bencana dan perencanaan pembangunan yang berkelanjutan di Kabupaten Tapanuli Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

Agung, K. R., Ogan, K., Ulu, K., Saputra, E., Setiawan, B., & Nurohim, D. (2026). *Analisis Morfometri DAS untuk Pemetaan Kerawanan Banjir Bandang di*. 5(1), 69–79.

Aningsih, S., & Mauluda, A. D. (2025). Monitoring Gag Island Deforestation Using Multi-Temporal Landsat 8 Imagery on Google Earth Engine. *Jurnal Geosaintek*, 11(3), 262–270. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v11i3.6534>

Fitra, J., Gultom, M. H., Brampu, A. N. F., Telaumbanua, M. A. S., & Nugroho, R. H. (2025). Penaksiran Indeks Bahaya Tanah Longsor dengan Pemanfaatan Citra Digital Elevation Model (DEM). *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 5(2), 94–104. <https://doi.org/10.35583/jice.v5i2.116>

Gafuraningtyas, D., & Wibowo, A. (2023). Geomedia Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian Pengaruh

- lereng dalam penentuan kesesuaian permukiman di Bogor Raya. *Jurnal Geomedia*, 21(2), 125–134. <https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>
- Handa, I., & Taufik, T. (2020). Pemetaan Tingkat Bahaya Bencana Longsor Dan Sistem Perencanaan Tata Letak Bangunan Dalam Tata Ruang Wilayah Kota Baubau. *Jurnal Envirotek*, 12(2), 113–120. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i2.98>
- Hanif Zahran, M., Salim, A., & Budiharto, T. (2021). Arahan Mitigasi Bencana Kawasan Rawan Longsor Di Kabupaten Sinjai. *Journal of Urban Planning Studies*, 1(2), 196–203. <https://doi.org/10.35965/jups.v1i2.37>
- Hulu, A. E., R, D. A., Alexis, M., Arianingsih, I., Hamka, H., Purnama, R., & Maiwa, A. (2025). Pemodelan Spasial Kerawanan Banjir di Kepulauan Nias dan sekitarnya berbasis Sistem Informasi Geografis dan Multi-Criteria Decision Analysis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(5), 1243–1252. <https://doi.org/10.14710/jil.23.5.1243-1252>
- Juliandri, F., Andreas, H., & Pradipta, D. (2022). Perbandingan Hasil Permodelan Bahaya Banjir ROB di Jakarta Menggunakan Denmas, DEM Global, dan DEM Lidar. *Bulletin of Geology*, 6(2), 2022. <https://doi.org/10.5614/bull.geol.2022.6.2.2>
- Kasury, A. R., Humaira, Z., Nurnalisa, F. Z., & Istiqfarah. (2025). Strategi Konservasi Berkelanjutan Untuk Mengendalikan Erosi Dan Sedimentasi Di Das Krueng Peuto (Integrated Sustainable Conservation Strategies To Mitigate Erosion and Sedimentation in the Krueng Peuto River Basin). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 6(1), 1–15.
- Mosi, Y., Warow, N., Usman, M., Bahuwa, I. C., & Rosalia, N. (2024). Analisis Erosi dan Sedimentasi di Sub Das Alo-Pohu Kesatuan Pengelolaan Hutan Vi Gorontalo Utilization of Raster Data to Determinate Land Cover Changes in Biyonga ' s Sub Watershed Gorontalo Regency. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 10(2), 321–331.
- Nasution, A. A., Saragih, J. R., & Ummu Harmain. (2024). Analisis Spasial Kesesuaian Fungsi Kawasan Daerah Aliran Sungai Bangop Dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah (Studi Kasus: Kecamatan Sarudik). *Jurnal Regional Planning*, 6(1), 55–68. <https://doi.org/10.36985/704cmt03>
- Prabandari, A. A., & Wibowo, A. (2024). Analisis Kesesuaian Kawasan Permukiman berdasarkan Kemiringan Lereng terhadap RTRW Kabupaten Purbalingga. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 12(2), 201–209.
- Rijal, S., Bintang Alvioni Putri, M., Chairil, A., Putri Ardi, N. Z., & Lesimanuaya, R. (2025). Ecological Sensitivity Index in the Suso and Suli Watershed, Luwu Regency, South Sulawesi Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1573(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1573/1/012005>
- Siddiqi, M. J. A., Novianto, H., Tuban, K., & Secara, B. (2025). *Seminar Nasional Teknik Sipil Pemetaan Zona Rawan Banjir dan Analisis Risiko di Kecamatan Singgahan Seminar Nasional Teknik Sipil Kabupaten Tuban merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Timur yang memiliki multisaluran yang menonjolkan kerapatan vegetasi maupun parameter terkait , seperti*. 3(1), 416–426.
- Siswanto. (2015). Pemetaan Potensi Ancaman Gerakan Tanah Longsor Di Provinsi Sumatera Utara. *Megasains*, 6(1), 1–14. <https://megasains.gawbkt.id/index.php/megasains/article/view/218>
- Waruwu, R. M., & Juliani, R. (2022). Studi Topografi Di Pesisir Pantai Sitiris-Tiris Menggunakan Citra Satelit Landsat Dan Sonar Garmin. *Einstein*, 10(2), 49. <https://doi.org/10.24114/einstein.v10i2.36274>
- Zufrimar, & Zainal, E. (2023). Perbandingan Elevasi Dasar Sungai Berdasarkan Hasil. *Sigma Teknika*, 6(2), 471–478. <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/download/5704/3818>.