



Pemodelan Spasial Bahaya dan Wilayah Terdampak Tanah Longsor Menggunakan Model LISEM di Desa Cihanjuang, Kecamatan Cimanggung, Kabupaten Sumedang

Spatial Modeling of Landslide Hazards and Affected Areas Using the LISEM Model in Cihanjuang Village, Cimanggung District, Sumedang Regency

Kemas Abel Ramadhan Putra

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Masita Dwi Mandini Manessa¹

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Satria Indratmoko

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Supriyanto Suparno

Departemen Geosains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Twin Hosea Widodo Kristyanto

Departemen Geosains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Anisya Feby Efriana

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Diko Hary Adhanto

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok

¹ Korespondensi Penulis: Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, Indonesia

Email: manessa@ui.ac.id

How to Cite

Putra, K. A. R., Manessa, M. D. M., Indratmoko, S., Suparno, S., Kristyanto, T. H. W., Efriana, A. F., & Adhanto, D. H. (2026). Pemodelan Spasial Bahaya dan Wilayah Terdampak Tanah Longsor Menggunakan Model LISEM di Desa Cihanjuang, Kecamatan Cimanggung, Kabupaten

Sumedang. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 14(2), 138-160. <https://doi.org/10.14710/jwl.14.2.138-160>

Artikel Masuk : 12 Desember 2024

Artikel Diterima : 24 April 2026

Tersedia Online : 31 Agustus 2026

Abstrak: Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap bencana alam, salah satunya tanah longsor. Kabupaten Sumedang termasuk wilayah dengan risiko tinggi bencana tanah longsor. Desa Cihanjuang di Kabupaten Sumedang menjadi lokasi penelitian ini setelah terjadi bencana tanah longsor pada 2021 yang menimbulkan banyak korban jiwa. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan peristiwa tanah longsor di Desa Cihanjuang dan menentukan wilayah terdampak longsor dengan mempertimbangkan faktor permukiman. Metode yang digunakan adalah pemodelan *Limburg Soil Erosion Model* (LISEM) dengan mempertimbangkan parameter curah hujan, lereng, kekasaran permukaan, dan karakteristik tanah. Data sejarah kejadian tanah longsor digunakan untuk validasi hasil pemodelan. Selanjutnya, hasil pemodelan dihubungkan dengan data tutupan lahan permukiman untuk mengidentifikasi wilayah terdampak tanah longsor. Hasil penelitian menunjukkan sebaran aliran air dan padatan akibat tanah longsor serta volume tanah longsor yang diprediksi. Sebagian besar wilayah bahaya longsor berada pada area dengan lereng di atas 15% dengan total volume longsor yang diprediksi mencapai 3.361.527 m³. Wilayah terdampak tanah longsor di Desa Cihanjuang memiliki luas 15,7 Ha dengan jumlah penduduk terdampak sekitar 2.101 jiwa. Penelitian ini memberikan gambaran umum tentang wilayah bahaya longsor di Desa Cihanjuang dan dapat menjadi dasar untuk penyempurnaan model dengan mempertimbangkan parameter lain yang berpengaruh.

Kata Kunci: Bahaya, Desa Cihanjuang, Pemodelan LISEM, Tanah Longsor, Wilayah Terdampak

Abstract: Indonesia is a country prone to natural disasters, one of which is landslides. Sumedang Regency is an area with a high risk of landslides. Cihanjuang Village in Sumedang Regency is the study location of this research after a landslide disaster occurred in 2021, causing numerous casualties. This study aims to model the landslide event in Cihanjuang Village and determine the landslide-affected areas by considering settlement factors. The method employed is the *Limburg Soil Erosion Model* (LISEM) modeling, which considers parameters such as rainfall, slope, surface roughness, and soil characteristics. Historical data on landslide occurrences are used to validate the modeling results. Subsequently, the modeling results are linked to the settlement land cover data to identify landslide-affected areas. The research findings reveal the distribution of water and sediment flows due to landslides and the predicted volume of landslides. Most of the landslide hazard areas are located on slopes above 15%, with the predicted total landslide volume reaching 3,361,527 m³. The landslide-affected area in Cihanjuang Village has an area of 15.7 Ha, with approximately 2,101 affected residents. This study provides an overview of landslide hazard areas in Cihanjuang Village and can serve as a basis for model refinement by considering other influential parameters.

Keywords: Affected Area, Cihanjuang Village, Hazard, Landslide, LISEM modeling

Pendahuluan

Indonesia memang dianugerahi tanah yang subur, kekayaan alam yang melimpah, serta keragaman flora dan fauna yang memukau. Namun, keindahan ini hadir bersama dengan tantangan besar. Secara geologis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama yang terus bergesekan, menjadikan negeri ini sangat rentan terhadap gempa bumi dan berbagai bencana turunannya. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2021) mengungkapkan fakta yang mengkhawatirkan: sebanyak 153 kabupaten atau kota berada pada zona risiko tinggi, sementara 232 kabupaten atau kota lainnya berada pada zona risiko sedang. Jawa Barat, provinsi yang padat penduduk dan menjadi jantung ekonomi nasional, tercatat memiliki skor 152 pada Indeks Risiko Bencana

Indonesia (IRBI), menempatkannya dalam kategori risiko tinggi. Di antara wilayah-wilayah tersebut, Kabupaten Sumedang menjadi salah satu daerah yang paling rentan terhadap bencana tanah longsor.

Kondisi geografis Kabupaten Sumedang seolah menjadi resep sempurna bagi terjadinya bencana longsor. Dengan iklim tropis yang menghadirkan curah hujan rata-rata mencapai 2.570 mm per tahun, ditambah topografi yang didominasi oleh lereng dengan kemiringan antara 15–30% hingga lebih dari 45% (Pemerintah Kabupaten Sumedang, 2019), wilayah ini menjadi sangat rawan terhadap pergerakan massa tanah. Aprilana dan Putra (2021) menegaskan bahwa kombinasi curah hujan tinggi dan kondisi lereng yang curam menciptakan ancaman longsor yang nyata dan terus-menerus. Lebih jauh lagi, penelitian Gunadi et al. (2017) menunjukkan bahwa faktor penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan jarak terhadap sungai merupakan kontributor utama kerentanan longsor di beberapa kabupaten di Jawa Barat, dengan ketiga faktor tersebut menyumbang hampir 53% dari total bobot risiko.

Tragedi yang menimpa Desa Cihanjuang bukanlah kejadian yang tiba-tiba atau tak terduga. Arsyad dan Subarkah (2023) mengungkapkan bahwa bencana ini sebenarnya merupakan akumulasi dari ancaman longsor yang telah ada sebelumnya, sebuah bom waktu yang akhirnya meledak. Desa Cihanjuang telah lama teridentifikasi sebagai wilayah yang rentan terhadap bencana tanah longsor dan pergerakan tanah, disebabkan oleh ancaman ganda berupa translasi dan rayapan tanah. Yang lebih memprihatinkan, kapasitas masyarakat setempat dalam menghadapi potensi bencana tersebut masih jauh dari memadai. Pangestu dan Fedryansyah (2023) menambahkan dimensi sosial-ekonomi yang krusial: sebagian besar penduduk Desa Cihanjuang yang terpapar risiko bencana memiliki kerentanan ekonomi yang tinggi karena mayoritas bekerja di sektor industri dan pertanian, yaitu sektor-sektor yang sangat bergantung pada stabilitas lingkungan dan infrastruktur.

Tanah longsor, yang dalam literatur ilmiah sering disebut sebagai peristiwa gerakan tanah, merupakan fenomena geologi yang kompleks. Naryanto et al. (2019) menjelaskan bahwa peristiwa ini melibatkan pergerakan massa batuan atau tanah dengan berbagai variasi tipe dan jenis, mulai dari runtuhnya bongkahan tanah yang besar hingga bebatuan berukuran masif. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya terbatas pada kerugian langsung seperti kerusakan infrastruktur publik, lahan pertanian, atau yang paling tragis, korban jiwa. Hamida dan Widyasamratri (2019) menekankan bahwa kerugian tidak langsung juga sangat signifikan. Terhentinya pembangunan dan aktivitas ekonomi pada daerah yang terkena bencana dan sekitarnya dapat berlangsung dalam jangka waktu yang panjang, menciptakan lingkaran kemiskinan dan kerentanan yang berkelanjutan. Studi Hasnawir (2013) di Gunung Bawakaraeng, Sulawesi Selatan, menunjukkan bahwa longsor dan aliran debris yang dipicu oleh curah hujan memiliki pola yang dapat diprediksi melalui analisis ambang batas intensitas dan durasi hujan, memberikan harapan bahwa sistem peringatan dini dapat dikembangkan untuk menyelamatkan nyawa.

Menghadapi ancaman yang begitu nyata dan berulang, upaya pencegahan dan mitigasi bencana tanah longsor menjadi kebutuhan yang mendesak. Untuk itu, pemetaan distribusi tanah longsor dan pemantauan stabilitasnya bukan lagi sekadar kegiatan akademis, melainkan sebuah keharusan yang dapat menyelamatkan ribuan nyawa. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk memodelkan dan menganalisis bahaya tanah longsor di Indonesia. Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih memiliki keterbatasan yang signifikan. Pertama, sebagian besar hanya menghasilkan peta kerentanan atau kerawanan longsor berbasis statistik tanpa menyimulasikan dinamika aliran longsor secara fisik (Aprilana & Putra, 2021; Hamida & Widyasamratri, 2019). Kedua, belum ada integrasi yang memadai antara estimasi populasi terdampak secara spasial berbasis piksel dengan hasil pemodelan. Ketiga, dan yang paling krusial, belum banyak penelitian yang menggunakan model berbasis fisik yang mampu menyimulasikan aliran puing, longsoran dangkal, dan banjir secara terintegrasi dalam satu kerangka model (Bout

et al., 2018). Keterbatasan-keterbatasan inilah yang menjadi motivasi utama penelitian ini untuk mengadopsi pendekatan pemodelan fisik yang lebih komprehensif dan holistik.

Dalam konteks ilmu pengetahuan, model merupakan jembatan antara realitas yang kompleks dengan pemahaman manusia yang terbatas. Model menyederhanakan fenomena alam yang rumit agar dapat dipahami, diprediksi, dan digunakan untuk pengambilan keputusan. Zhou et al. (2018) menegaskan bahwa dalam upaya mitigasi bencana tanah longsor, pemodelan menjadi alat yang sangat penting untuk membantu pemerintah dan masyarakat mengidentifikasi lokasi yang berpotensi mengalami longsor, sehingga tindakan pencegahan dan mitigasi dapat dilakukan sedini mungkin, sebelum tragedi seperti di Desa Cihanjuang terulang kembali. Berbagai model telah dikembangkan untuk memprediksi terjadinya peristiwa tanah longsor, dan salah satu yang paling menjanjikan adalah *Limburg Soil Erosion Model* (LISEM).

LISEM merupakan model berbasis fisik dan hidrologi yang dirancang untuk memprediksi aliran permukaan dan erosi tanah, dengan aplikasi yang luas dalam perencanaan dan konservasi (de Barros et al., 2021). Model ini mampu mensimulasikan limpasan permukaan, erosi tanah, dan banjir dangkal di daerah aliran sungai, baik di wilayah pedesaan maupun perkotaan. Beberapa proses utama yang dimodelkan dalam LISEM mencakup presipitasi, intersepsi, infiltrasi, aliran permukaan dan saluran, serta erosi dan transportasi sedimentasi (Ebling et al., 2024). Keunggulan LISEM telah terbukti melalui penerapannya di berbagai lokasi untuk memprediksi erosi tanah dan limpasan permukaan dengan tingkat akurasi yang memadai. Lebih penting lagi, Bout et al. (2022) menunjukkan bahwa model berbasis fisik seperti LISEM mampu mensimulasikan rangkaian multi-bahaya yang kompleks, termasuk longsor yang dipicu gempa, aliran debris, pembendungan sungai, dan banjir dalam satu kerangka simulasi yang terintegrasi. Kemampuan ini sangat relevan dengan kondisi multi-bahaya di Indonesia.

Penelitian ini memilih model LISEM bukan tanpa alasan yang kuat. Pertama, LISEM merupakan salah satu dari sedikit model yang mampu mensimulasikan aliran puing (debris flow), longsor dangkal (*shallow landslide*), dan banjir dalam satu kerangka model yang terintegrasi (Bout et al., 2018). Hal ini berbeda dengan model seperti Scoops3D yang hanya terbatas pada prediksi volume longsor tanpa mensimulasikan dinamika aliran pasca-longsor (Ma, 2018), atau model berbasis statistik seperti *Frequency Ratio* dan *Logistic Regression* yang tidak mampu mensimulasikan proses fisik secara dinamis (Zhou et al., 2018). Kedua, LISEM sepenuhnya terintegrasi dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis raster, sehingga memudahkan analisis spasial dan pemanfaatan data penginderaan jauh yang tersedia untuk wilayah studi. Ketiga, versi terbaru dari openLISEM merupakan satu-satunya model deterministik yang memenuhi semua persyaratan model yang dibutuhkan untuk pemodelan bahaya longsor secara komprehensif (de Vugt, 2018). Keempat, LISEM mempertimbangkan parameter fisik kunci seperti DEM, koefisien Manning, kohesi tanah, dan sudut geser yang sangat relevan dengan kondisi geomorfologi Desa Cihanjuang yang didominasi lereng curam dan tanah bertekstur lempung. Fathani (2022) dalam studinya tentang analisis bahaya aliran debris di Beriti, Bengkulu, menunjukkan bahwa pemodelan berbasis fisik yang komprehensif sangat penting untuk mendesain langkah-langkah mitigasi yang efektif, seperti bendungan Sabo, yang dapat mengurangi area terdampak secara signifikan.

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan terhadap studi pemodelan longsor di Indonesia, khususnya dalam tiga aspek utama. Pertama, penerapan model fisik LISEM untuk mensimulasikan dinamika aliran longsor secara spasial-temporal di wilayah Jawa Barat yang selama ini masih terbatas pada pendekatan statistik. Kedua, integrasi hasil pemodelan bahaya longsor dengan data populasi berbasis piksel (*People in Pixels/ PiP*) untuk menghasilkan estimasi penduduk terdampak yang lebih akurat secara spasial. Inovasi ini memungkinkan perencanaan evakuasi dan respons darurat yang lebih

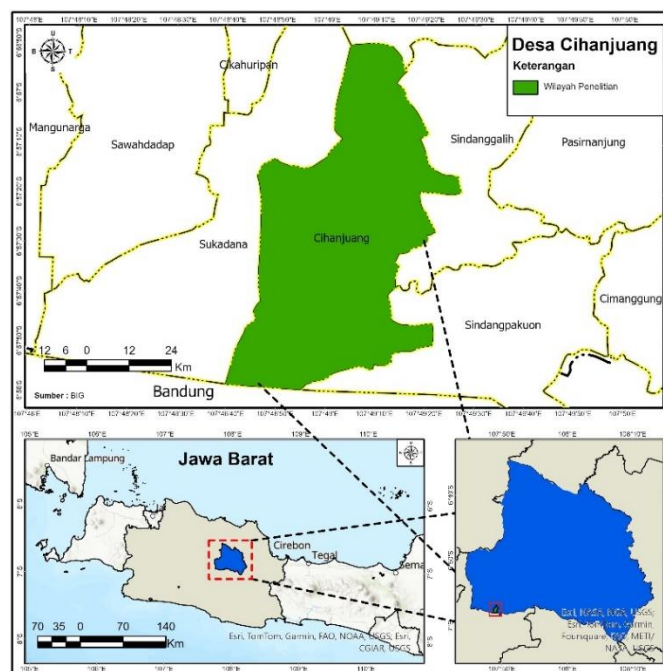
tepat sasaran. Ketiga, penyediaan basis data dan metodologi yang dapat direplikasi untuk penelitian pemodelan longsor di wilayah-wilayah rawan longsor lainnya di Indonesia, sehingga pengetahuan yang dihasilkan dapat memberikan manfaat yang lebih luas.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan peristiwa tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang, Kecamatan Cimanggung, Kabupaten Sumedang menggunakan model LISEM. Lebih dari sekadar latihan akademis, pemodelan ini diharapkan dapat menjadi alat yang nyata dan aplikatif untuk membantu menanggulangi risiko akibat bencana tanah longsor yang kemungkinan terjadi di Desa Cihanjuang dan wilayah-wilayah serupa di Indonesia.

Metode Penelitian

Wilayah Penelitian

Desa Cihanjuang merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Cimanggung, Kabupaten Sumedang. Desa Cihanjuang terletak di bagian Selatan wilayah Kecamatan dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Bandung. Batas wilayahnya adalah Jalan Raya Nasional yang menghubungkan Bandung dan Garut di bagian selatannya. Jaraknya sekitar satu kilometer kearah barat dari pusat Kecamatan. Desa Cihanjuang secara geografis terletak di antara $6^{\circ} 57' 20.82818''$ Lintang Selatan dan $107^{\circ} 49' 2.09763''$ Bujur Timur. Secara administratif, Desa Cihanjuang berbatasan dengan beberapa desa dan kabupaten lain di sekitarnya. Sebelah Utara berbatasan dengan Desa Cikahuripan, Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Sindanggalih, Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Bandung, dan Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Sukadana.



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 1. Wilayah Penelitian di Desa Cihanjuang

Desa Cihanjuang memiliki karakteristik geografis yang beragam. Topografi desa ini dicirikan oleh variasi kemiringan lereng yang berkisar dari 0% hingga lebih dari 40%. Komposisi tanah di wilayah tersebut terdiri dari empat jenis, yaitu Kambisol Gleik, Kambisol Distrik, Gleisol Eutrik, dan Kambisol Humik. Secara geologi, Desa Cihanjuang

tersusun atas tiga jenis batuan, yaitu Batugamping Terumbu, Lava, dan Produk Gunungapi Muda. Tutupan lahan di desa ini terbagi menjadi tujuh kategori, meliputi jalan raya, lahan kosong, permukiman, area bervegetasi pohon, rumput pendek, sawah, dan semak belukar

Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer. Data primer berupa data verifikasi titik sebaran tanah longsor. Data titik sebaran longsor diperoleh melalui metode wawancara yang dilakukan dengan menanyakan kepada warga sekitar dan anggota BPBD mengenai lokasi terjadinya tanah longsor di Desa Cihanjuang. Wawancara dilakukan secara terstruktur dengan panduan pertanyaan yang telah disiapkan sebelumnya, melibatkan responden dari kalangan warga yang tinggal di sekitar lokasi kejadian longsor serta petugas BPBD Kabupaten Sumedang yang memiliki pengetahuan langsung tentang kejadian longsor di lapangan. Jumlah sampel sebanyak 9 titik ditentukan berdasarkan ketersediaan data kejadian longsor yang tercatat oleh BPBD dan dapat diverifikasi secara langsung di lapangan menggunakan citra satelit MAXAR. Meskipun jumlah sampel ini tergolong kecil, seluruh titik kejadian longsor yang teridentifikasi dan dapat diverifikasi telah dimasukkan dalam analisis, sehingga sampel bersifat *purposive* dan merepresentasikan seluruh populasi kejadian longsor yang terdokumentasi di Desa Cihanjuang. Perlu dicatat bahwa data hasil wawancara masyarakat berpotensi mengandung bias, antara lain: (a) bias memori (*recall bias*), di mana responden mungkin tidak mengingat dengan tepat lokasi atau waktu kejadian longsor; (b) bias persepsi, di mana responden awam mungkin mengklasifikasikan peristiwa erosi atau gerakan tanah ringan sebagai longsor; dan (c) bias cakupan, di mana kejadian longsor di lokasi terpencil atau tidak berpenduduk mungkin tidak dilaporkan. Untuk meminimalkan potensi bias tersebut, data wawancara selalu divalidasi silang dengan data resmi BPBD dan analisis citra satelit MAXAR.

Data Sekunder. Data sekunder merupakan data dari instansi pemerintah daerah Kabupaten Sumedang yang digunakan untuk mendukung penelitian, seperti curah hujan, lereng, jenis tanah, jenis batuan, dan tutupan lahan di Desa Cihanjuang. Pada pemodelan LISEM juga diperlukan data mengenai karakteristik tanah seperti tinggi muka air, tinggi tanah, kepadatan tanah, dan ukuran batuan..

Tabel 1. Data Penelitian

Data	Sumber
Titik Sebaran Tanah Longsor	Survei Lapangan
Digital Elevation Model (DEM)	Badan Informasi Geospasial (BIG)
Jenis Tanah	Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDP)
Jenis Batuan	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Curah Hujan	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)

Sumber: Hasil analisis, 2024

Pengolahan dan Analisis Data

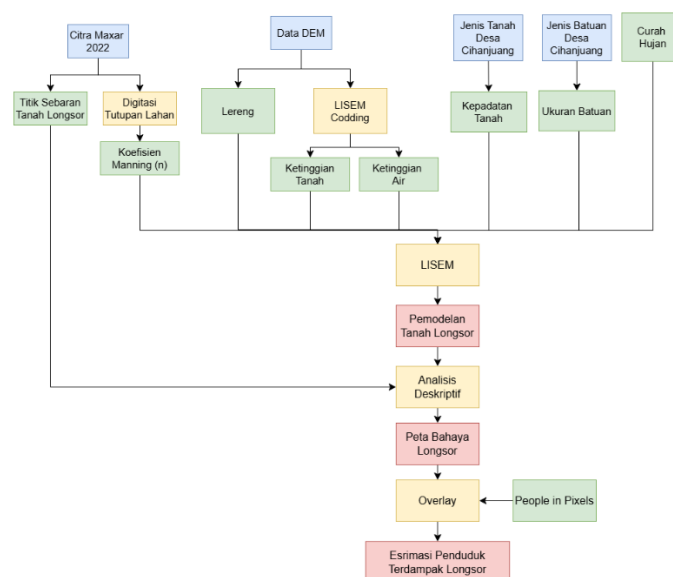
Pada Penelitian ini melakukan pengolahan data yang telah dikumpulkan sebelum dilakukannya analisis wilayah risiko bencana tanah longsor dan estimasi penduduk yang terdampak. Pada penelitian ini pengolahan data primer dan data sekunder menggunakan aplikasi ArcGIS Pro untuk menghasilkan *output* yang dibutuhkan dalam pemodelan tanah longsor.

Data DEM. Data *Digital Elevation Model* (DEM) yang digunakan dalam penelitian ini adalah DEM dari DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan resolusi spasial 0,27 *arcsecond* atau setara dengan ±8 meter. Resolusi ini dipilih karena merupakan DEM dengan resolusi tertinggi yang tersedia

secara nasional untuk wilayah Indonesia dan mampu merepresentasikan variasi topografi mikro yang relevan bagi pemodelan longsor di skala desa. DEM diproses lebih lanjut menggunakan ArcGIS Pro untuk menghasilkan peta lereng (*slope*), peta arah aliran (*flow direction*), dan peta akumulasi aliran (*flow accumulation*) yang menjadi *input* utama dalam pemodelan LISEM.

Koefisien Manning. Koefisien kekasaran Manning (n) digunakan dalam LISEM untuk menghitung kecepatan aliran permukaan dan saluran berdasarkan persamaan Manning: $V = (1/n) \times R^{(2/3)} \times S^{(1/2)}$, di mana V adalah kecepatan aliran (m/s), R adalah jari-jari hidrolis (m), dan S adalah kemiringan saluran (m/m). Nilai koefisien Manning dalam penelitian ini diturunkan dari peta tutupan lahan menggunakan tabel referensi standar yang telah ditetapkan dalam manual LISEM. Setiap kelas tutupan lahan diberikan nilai n yang sesuai: permukiman ($n = 0,015$), vegetasi pohon ($n = 0,10-0,15$), sawah ($n = 0,025-0,05$), semak belukar ($n = 0,05-0,10$), dan lahan terbuka/rumput pendek ($n = 0,02-0,03$). Pendekatan ini mengikuti prosedur standar yang digunakan dalam studi LISEM sebelumnya (de Barros et al., 2021; de Vugt, 2018).

Parameter Kohesi Tanah dan Sudut Geser. Nilai parameter kohesi tanah (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang digunakan dalam pemodelan merupakan nilai yang diturunkan dari literatur dan studi sebelumnya yang relevan dengan kondisi tanah di wilayah studi. Untuk jenis tanah Kambisol yang mendominasi Desa Cihanjuang, nilai kohesi tanah berkisar antara 5–15 kPa dan sudut geser dalam berkisar antara 20°–30°, sesuai dengan karakteristik tanah bertekstur lempung hingga lempung berpasir yang umum dijumpai pada formasi vulkanik di Jawa Barat (Prastistho et al., 2018). Perlu diakui bahwa penggunaan nilai parameter dari literatur, bukan dari pengujian geoteknik lapangan dan merupakan salah satu keterbatasan penelitian ini yang dapat memengaruhi akurasi hasil pemodelan. Pengujian geoteknik langsung di lapangan, seperti uji *direct shear* dan uji triaxial, disarankan untuk penelitian lanjutan guna meningkatkan keakuratan parameter *input* model.



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 2. Workflow

Pemodelan tanah longsor dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak LISEM dengan menginput data yang telah diolah lebih lanjut sebelumnya. Simulasi pemodelan

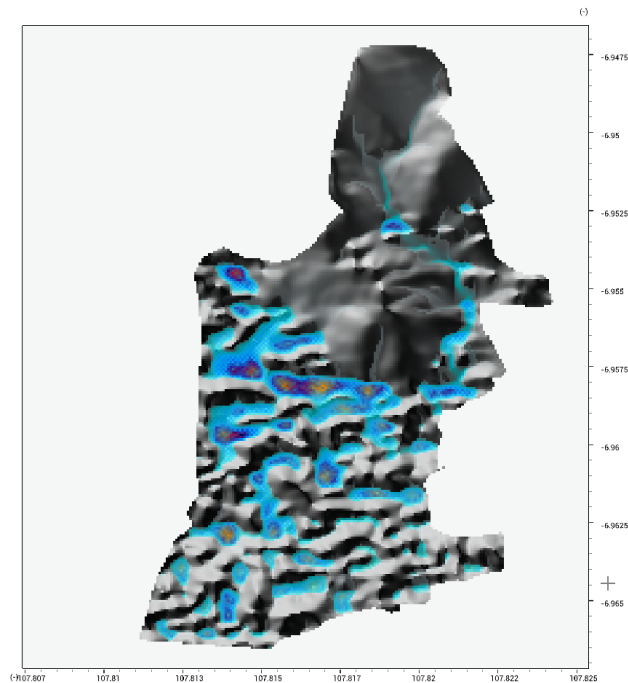
tanah longsor dilakukan dalam waktu periode 24 jam menggunakan data curah hujan pada tanggal 9 Januari 2021 di Desa Cihanjuang melalui stasiun AWS Cikancung yang berlokasi terdekat dengan wilayah studi. Hasil yang didapatkan dari pemodelan LISEM ini adalah sebaran bahaya tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang. Melalui pemodelan tersebut akan didapatkan peta bahaya tanah longsor di Desa Cihanjuang. Hasil pemodelan LISEM juga digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk yang terdampak oleh tanah longsor di Desa Cihanjuang dengan cara menghubungkan hasil pemodelan dengan data *People in Pixels* (PiP). Dari hasil pengolahan data akan dilakukan analisis deskriptif. Analisis deskriptif yang dilakukan berupa penjelasan mengenai hasil pemodelan longsor dan titik sebaran longsor untuk menjelaskan mengenai validasi keakuratan model. Analisis deskriptif juga digunakan untuk menghubungkan peta bahaya tanah longsor dengan permukiman dan jumlah penduduk untuk menjawab wilayah dan penduduk yang terdampak tanah longsor di Desa Cihanjuang

Hasil dan Pembahasan

Pemodelan Sebaran Bahaya dan Volume Tanah Longsor

Pemodelan LISEM merupakan hasil dari proses pengolahan dari beberapa data parameter. Model simulasi tanah longsor penting dilakukan untuk mendeteksi jangkauan aliran lumpur dan ketinggian padatan maksimum. Pada *input* dan *output* model berbasis fisik, terdapat kesalahan dan ketidakpastian yang diharapkan. Oleh karena itu, interpretasi dan kalibrasi *input* dan hasil *output* merupakan faktor penting untuk hasil pemodelan yang tepat. Parameter peta *input* yang digunakan untuk pemodelan tanah longsor di LISEM adalah peta DEM, peta koefisien manning, dan parameter tanah yang dianggap sebagai kondisi batas untuk model, yaitu tinggi fluida awal, tinggi padatan awal, densitas awal, sudut gesekan, ukuran batuan, dan kohesi tanah. Pada studi kasus ini, waktu simulasi yang dilakukan adalah selama 24 jam. Data Hujan (durasi (menit) dan intensitas (mm/jam)) digunakan untuk analisis pemodelan tanah longsor.

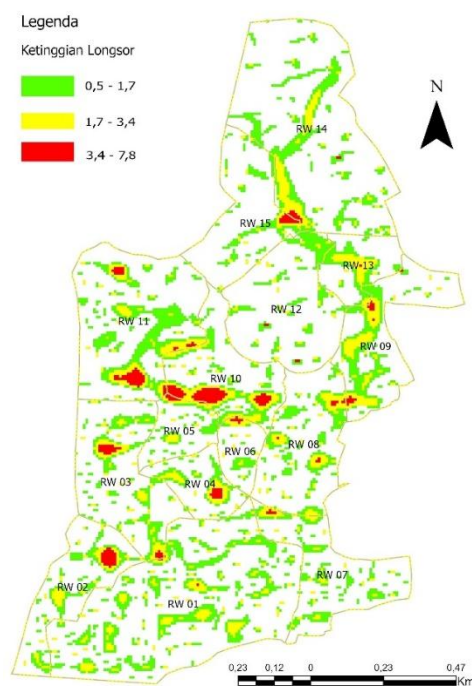
Simulasi model tanah longsor menggunakan LISEM dapat dilihat pada Gambar 3. Dalam legenda Gambar 3, warna biru mewakili aliran air sedangkan warna merah mewakili aliran padatan yang terbawa akibat tanah longsor. Dari hasil simulasi LISEM akan menunjukkan aliran longsor yang memberikan gambaran yang jelas tentang pergerakan aliran air dan padatan akibat tanah longsor, serta memungkinkan untuk memantau dan menganalisis dampak hidrologi yang terjadi secara keseluruhan selama periode waktu yang ditentukan. Berdasarkan data grafik, curah hujan pada tanggal 9 Januari 2021 yang digunakan dalam pemodelan LISEM, intensitas curah hujan mencapai 69,8 mm/jam. Hal ini sesuai dengan penelitian (Naryanto, 2017) bahwa curah hujan tinggi merupakan faktor pemicu terjadinya tanah longsor karena dapat meningkatkan beban tanah dan mengurangi stabilitas lereng.



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 3. Simulasi LISEM

Berdasarkan hasil pemodelan (Gambar 4), ambang batas besaran yang dapat diklasifikasikan sebagai tanah longsor adalah ketika ketinggian longsor mencapai 0,5 m. Longsor dengan ketinggian di bawah ambang batas tersebut dikategorikan sebagai longsor dangkal atau erosi, yang tidak dimasukkan dalam peta sebaran tanah longsor. Hasil dari model LISEM akan memprediksi lokasi terjadinya tanah longsor. Model LISEM juga akan memberikan informasi mengenai ketinggian padatan longsor dalam satuan meter. Hasil pemodelan tanah longsor dengan menggunakan LISEM juga dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi volume tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang. Penentuan volume tanah longsor dapat diprediksi dengan pendekatan perhitungan volume sederhana, yaitu dengan mengalikan luas area tanah longsor dengan ketinggian tanah longsor.



Sumber: Hasil analisis, 2024
Gambar 4. Peta Sebaran Tanah Longsor Desa Cihanjung

Hasil dari perhitungan volume tanah longsor di Desa Cihanjuang berdasarkan pemodelan LISEM dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pemodelan LISEM, luas total tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang adalah 430.965 m² dengan ketinggian maksimum tanah longsor 7,8 meter. Berdasarkan luas dan ketinggian tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang, total volume tanah longsor yang didapat adalah 3.361.527 m³. Secara administratif, RW 11 merupakan wilayah dengan total volume tanah longsor terbesar yaitu 410.046 m³, sedangkan RW 06 merupakan wilayah dengan total volume tanah longsor terkecil yaitu 11.777,6 m³.

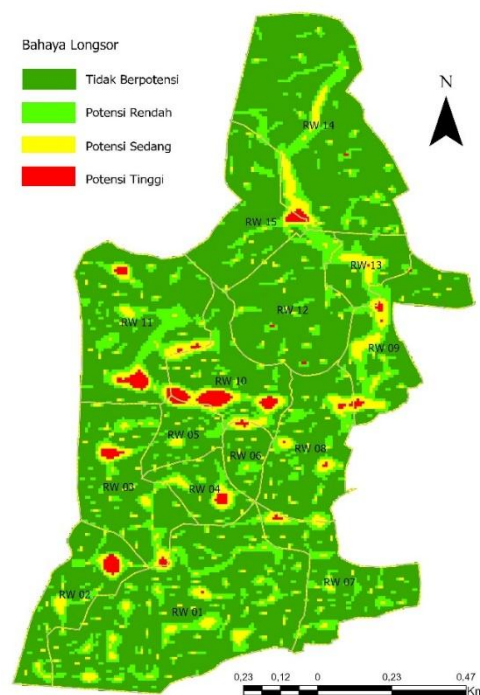
Tabel 2. Volume Longsor di Desa Cihanjuang

RW	Luas Longsor (m ²)	Tinggi Longsor (m)	Volume Longsor (m ³)
01	73301	3,4	249223,4
02	21478	7,8	167528,4
03	30876	7,8	240832,8
04	13765	7,8	107367
05	10786	7,8	84130,8
06	6928	1,7	11777,6
07	22165	3,4	75361
08	29585	3,4	100589
09	32578	1,7	55382,6
10	34503	7,8	269123,4
11	52570	7,8	410046
12	20755	7,8	161889
13	15888	3,4	54019,2
14	49917	3,4	169717,8
15	15870	3,4	53958
Total	430965	7,8 (Ketinggian max)	3361527

Sumber: Hasil analisis, 2024

Wilayah Sebaran Bahaya Tanah Longsor

Pemodelan LISEM menghasilkan besaran tanah longsor yang kemudian digunakan sebagai acuan untuk menentukan wilayah bahaya tanah longsor. Hasil analisis bahaya longsor dibagi menjadi empat kelas, yaitu tidak bahaya, bahaya rendah, bahaya sedang, dan bahaya tinggi. Pembagian klasifikasi tingkat bahaya longsor diklasifikasikan dengan cara yang dilakukan oleh (De Vugt, 2018), yaitu melakukan reklasifikasi dengan *tool reclassify* terhadap hasil raster dari pemodelan longsor menjadi empat kelas. Kelas tidak bahaya longsor merupakan wilayah yang tidak memiliki sebaran longsor karena ambang batas yang ditetapkan tidak terlampaui selama simulasi model atau memiliki nilai 0 (nol) untuk besaran tanah longsor. Penentuan kelas bahaya longsor didasarkan pada besaran tanah longsor yang dihasilkan oleh pemodelan LISEM. Semakin besar besaran tanah longsor yang terjadi pada suatu wilayah, maka semakin tinggi pula bahaya longsor di wilayah tersebut. Oleh karena itu, kelas bahaya tinggi merupakan wilayah dengan besaran tanah longsor terbesar, sementara kelas bahaya rendah memiliki besaran tanah longsor yang lebih kecil. Perbedaan besaran longsor ini dipengaruhi oleh karakteristik fisik wilayah yang menjadi parameter dalam pemodelan LISEM, seperti lereng, curah hujan, karakteristik tanah, dan tutupan lahan (Awgechew & Ayehutsega, 2022).



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 5. Peta Wilayah Bahaya Longsor Desa Cihanjuang

Sebaran wilayah bahaya tanah longsor di Desa Cihanjuang, Kecamatan Cimanggung, Kabupaten Sumedang dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa sebagian besar wilayah yang memiliki bahaya tanah longsor berada pada area dengan lereng di atas 15%. Secara administratif, terlihat bahwa hampir semua RW di Desa Cihanjuang memiliki wilayah yang bahaya terjadinya tanah longsor. Wilayah Desa Cihanjuang bagian Selatan merupakan wilayah dengan kemiringan di bawah 15% atau

relatif landai dan dapat terlihat pada Gambar 6. bahwa wilayah tersebut sebagian besar merupakan wilayah yang tidak bahaya longsor. Kondisi lereng yang curam merupakan salah satu faktor utama pemicu terjadinya tanah longsor. Semakin curam lereng maka potensi longsor semakin tinggi (Hamida & Widyasamratri, 2019).

Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor paling dominan dalam menentukan potensi terjadinya tanah longsor. Secara mekanis, semakin curam lereng maka semakin besar komponen gaya gravitasi yang bekerja sejajar dengan permukaan lereng, sehingga tegangan geser yang bekerja pada massa tanah semakin besar. Ketika tegangan geser melampaui kekuatan geser tanah (yang ditentukan oleh kohesi dan sudut geser dalam), maka lereng akan kehilangan stabilitasnya dan terjadilah longsor (Hamida & Widyasamratri, 2019). Penelitian ini menemukan bahwa wilayah dengan bahaya longsor tinggi umumnya berada pada lereng di atas 15%, yang konsisten dengan temuan penelitian longsor di berbagai wilayah Indonesia (Naryanto, 2017; Naryanto et al., 2019). Pada lereng di bawah 15%, gaya gravitasi yang bekerja tidak cukup besar untuk memobilisasi massa tanah meskipun tanah dalam kondisi jenuh, sehingga wilayah tersebut relatif aman dari bahaya longsor.

Jenis tanah dan batuan merupakan faktor lain yang turut memengaruhi besaran longsor hasil pemodelan. Tanah di Desa Cihanjuang yang didominasi oleh lempung, seperti tanah kambisol, serta batuan vulkanik, seperti lava dan produk gunung api muda, umumnya memiliki kuat geser yang lebih rendah dibandingkan tanah bertekstur kasar atau batuan kompak. Tanah lempung memiliki permeabilitas rendah sehingga ketika terjadi hujan lebat, air tidak dapat meresap dengan cepat dan terakumulasi di permukaan atau zona jenuh di atas lapisan kedap air, meningkatkan tekanan air pori yang secara signifikan mengurangi kekuatan geser tanah. Penurunan kekuatan geser ini menyebabkan tanah dan batuan jenis ini lebih mudah mengalami longsor, terutama pada lereng curam (Prastistho et al., 2018). Selain itu, kontak antara lapisan tanah residual vulkanik yang gembur dengan batuan dasar yang lebih keras sering menjadi bidang gelincir (*slip surface*) yang rentan terhadap kegagalan lereng.

Selain jenis tanah dan batuan, tutupan lahan juga memiliki peran penting dalam memengaruhi potensi longsor. Vegetasi berperan dalam menstabilkan lereng melalui dua mekanisme utama: (1) mekanis, yaitu sistem perakaran tanaman mengikat partikel tanah sehingga meningkatkan kohesi tanah dan resistensi terhadap erosi; dan (2) hidrologis, yaitu vegetasi mengintersepsi curah hujan, meningkatkan evapotranspirasi, dan mengurangi limpasan permukaan, sehingga mengurangi tekanan air pori di dalam tanah (Malek et al., 2015). Wilayah dengan tutupan vegetasi yang minim, seperti lahan terbuka atau permukiman padat, diprediksi memiliki besaran longsor yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah yang memiliki tutupan vegetasi lebih rapat. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa wilayah dengan bahaya longsor tinggi umumnya berada pada area dengan sedikit vegetasi atau vegetasi yang tidak memiliki sistem perakaran dalam. Sebaliknya, wilayah yang tertutup vegetasi pohon dengan perakaran dalam cenderung lebih stabil meskipun berada pada lereng yang curam.

Lokasi Kejadian Tanah Longsor di Desa Cihanjuang

Dalam Upaya memvalidasi hasil pemodelan tanah Longsor menggunakan LISEM, lokasi kejadian tanah longsor dijadikan sebagai objek validasi. Untuk memperkuat validasi, data yang telah diperoleh ditunjang dengan analisis citra satelit. Analisis citra satelit memungkinkan identifikasi lokasi-lokasi yang mengalami kejadian tanah longsor di masa lalu dengan lebih jelas. Dengan mengamati lokasi kejadian tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang, data tersebut dapat digunakan untuk menguji tingkat keakuratan hasil pemodelan LISEM secara komprehensif.

Verifikasi titik longsor dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama adalah verifikasi berbasis citra satelit, di mana citra MAXAR resolusi tinggi digunakan untuk mengidentifikasi bekas-bekas longsor yang dapat dikenali dari perubahan tutupan lahan, warna tanah yang terekspos, dan morfologi permukaan yang khas. Tahap kedua adalah verifikasi lapangan (*ground truth*), di mana tim peneliti melakukan survei ke lokasi-lokasi yang telah diidentifikasi dari citra satelit dan data BPBD untuk memastikan keberadaan bekas longsor secara fisik di lapangan. Kedua tahap verifikasi ini kemudian digunakan untuk menguji tingkat keakuratan hasil pemodelan LISEM secara komprehensif.

Hasil pemodelan tanah longsor menggunakan LISEM divalidasi dengan membandingkan area poligon tanah longsor yang diprediksi dengan area tanah longsor yang teramati di lapangan. Untuk melakukan validasi ini, hasil raster dari model LISEM diimpor ke dalam perangkat lunak ArcGIS dan ditampilkan bersama dengan area penelitian. Untuk validasi hasil yang lebih baik, tanah longsor di Desa Cihanjuang dikaji dan dibuat poligon menggunakan citra satelit MAXAR. Proses analisis citra satelit untuk identifikasi tanah longsor dilakukan dengan mengacu pada data titik sebaran tanah longsor yang diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan hasil survei lapangan. Citra satelit MAXAR dengan resolusi spasial yang tinggi memungkinkan deteksi area tanah longsor secara jelas. Hasil observasi tanah longsor dari analisis citra satelit kemudian dibandingkan dengan hasil prediksi tanah longsor yang diperoleh melalui pemodelan menggunakan LISEM. Perbandingan ini dapat dilihat pada Tabel 3.

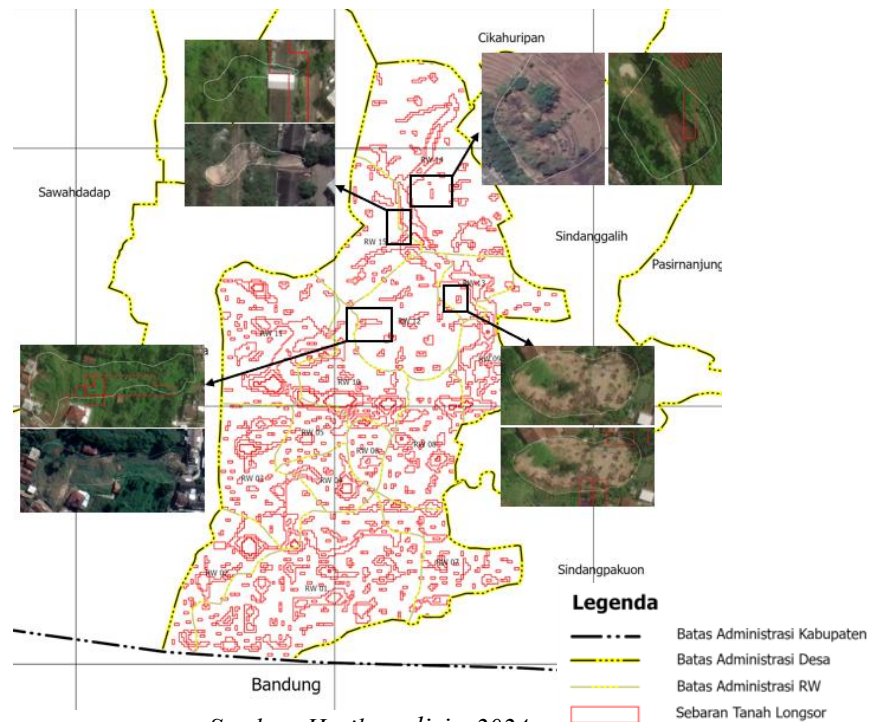
Lokasi kejadian longsor di Desa Cijanung divisualisasikan pada Gambar 6., yang mana didetailkan pada tabel 3 memperlihatkan hasil pemodelan LISEM cukup akurat dalam menunjukkan lokasi-lokasi terjadinya tanah longsor. Namun demikian, terdapat beberapa perbedaan antara sebaran tanah longsor hasil pemodelan dengan sebaran tanah longsor hasil analisis citra satelit. Beberapa area tanah longsor yang diprediksi oleh model LISEM tidak sepenuhnya sesuai dengan area tanah longsor yang teramati pada citra satelit. Hal ini terjadi karena pada citra satelit dan hasil survei lapangan wilayah yang terjadi tanah longsor dalam pemodelan berada pada area yang masih dipenuhi dengan tutupan lahan vegetasi. Vegetasi memiliki nilai kekasaran manning yang tinggi, yang secara teoretis mengurangi kemungkinan terjadinya tanah longsor. Pada Tabel 3. nomor 1, juga menampilkan hasil citra yang menunjukkan bekas tanah longsor yang terjadi di Desa Cihanjuang pada tanggal 9 Januari 2021. Peristiwa tanah longsor tersebut merupakan tanah longsor terbesar yang pernah tercatat di Desa Cihanjuang, menyebabkan korban jiwa sebanyak 40 orang meninggal dunia serta kerusakan berat pada 14 unit rumah. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan LISEM, model LISEM mampu menyimulasikan peristiwa longsor dengan cukup akurat, meskipun tidak seluruh limpasan longsor sesuai dengan kejadian sebenarnya (Bastian van den Bout et al., 2022).

Berdasarkan hasil pemodelan tanah longsor menggunakan LISEM juga ditemukan beberapa tanah longsor yang diprediksi tidak ditemukan dalam citra satelit maupun survei lapangan. Gambar 7. menunjukkan beberapa hasil prediksi tanah longsor yang dihasilkan oleh pemodelan LISEM, tetapi tidak terindikasi adanya kejadian tanah longsor. Meskipun area-area tersebut tidak memiliki Sejarah kejadian tanah longsor, berdasarkan pemodelan LISEM, area-area ini memiliki potensi akan terjadinya tanah longsor. Beberapa sebaran area tanah longsor berdasarkan pemodelan LISEM juga ditemukan pada area-area yang tidak masuk akal. Hal ini disebabkan adanya parameter lain yang berpengaruh terhadap kejadian tanah longsor namun tidak dipertimbangkan dalam pemodelan. Oleh karena itu, diperlukan pengamatan lapangan dan penelitian lebih lanjut untuk menentukan apakah area-area yang diprediksi terjadi tanah longsor oleh pemodelan LISEM memang memiliki potensi terjadinya tanah longsor.

Tabel 3. Volume Longsor di Desa Cihanjuang

No	Sejarah Tanah Longsor dari Citra Satelit (2017-2021)	Hasil Pemodelan LISEM
1.		
2		
3		
4		

Hasil analisis, 2024



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 6. Inset Peta Kejadian Longsor

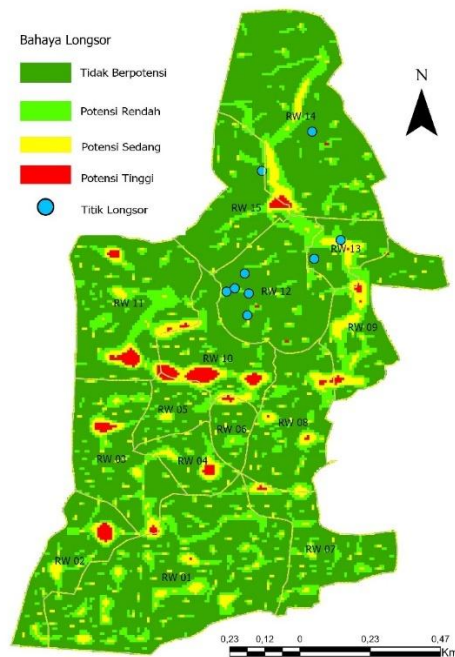


Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 7. Hasil Prediksi Tanah Longsor Dengan Pemodelan LISEM

Data titik kejadian tanah longsor di Desa Cihanjuang diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan survei lapangan. Berdasarkan data tersebut, teridentifikasi sebanyak Sembilan titik kejadian tanah longsor di Desa Cihanjuang. Persebaran titik-titik kejadian tanah longsor ini dapat dilihat pada Gambar 8. Dalam penelitian ini, data titik kejadian tanah longsor digunakan untuk memvalidasi keakuratan hasil pemodelan LISEM. Titik-titik kejadian tanah longsor tersebut ditumpang-susunkan Hasdengen wilayah yang bahaya tanah longsor untuk mengetahui apakah kejadian longsor

pada masa lampau terjadi di wilayah yang memang bahaya mengalami tanah longsor berdasarkan pemodelan.



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 8. Peta Lokasi Longsor dan Wilayah Bahaya Longsor Desa Cihanjuang

Gambar 8. menunjukkan bahwa terdapat beberapa ketidaksesuaian antara hasil pemodelan wilayah bahaya longsor menggunakan LISEM dengan kejadian tanah longsor yang terjadi di masa lampau di Desa Cihanjuang. Dari data yang tersedia, empat kejadian tanah longsor berlokasi di wilayah yang dikategorikan tidak bahaya longsor oleh model LISEM, dua kejadian berada di wilayah dengan bahaya rendah, dan tiga kejadian terjadi di wilayah dengan bahaya sedang. Namun, tidak ada kejadian longsor yang tercatat di wilayah yang diklasifikasikan memiliki bahaya longsor tinggi berdasarkan hasil pemodelan.

Ketidaksesuaian ini menunjukkan bahwa model wilayah bahaya tanah longsor yang dihasilkan oleh LISEM belum dapat merepresentasikan secara akurat kejadian longsor yang pernah terjadi di Desa Cihanjuang. Berdasarkan peta wilayah bahaya tanah longsor, area yang memiliki bahaya tinggi terjadinya longsor terletak di bagian tengah Desa Cihanjuang. Namun, data historis menunjukkan bahwa tidak ada kejadian longsor yang tercatat di wilayah tersebut. Beberapa ketidaksesuaian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adanya parameter lain yang berpengaruh terhadap kejadian longsor namun tidak dimasukkan dalam pemodelan serta keterbatasan akurasi dan resolusi data yang digunakan sebagai *input* dalam pemodelan, sehingga tidak dapat merepresentasikan variasi kondisi di lapangan secara detail. Selain itu, beberapa parameter yang digunakan dalam pemodelan merupakan hasil asumsi, yang mungkin kurang merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

Ketidakakuratan yang ditemukan dalam model LISEM memiliki beberapa implikasi penting, baik dari sisi ilmiah maupun kebijakan. Dari sisi ilmiah, hasil ini menunjukkan

bahwa model LISEM memerlukan kalibrasi parameter yang lebih baik, terutama untuk nilai kohesi tanah dan sudut geser, sebelum dapat digunakan secara andal untuk prediksi bahaya longsor di wilayah ini. Dari sisi kebijakan, pengambil kebijakan dan perencana wilayah disarankan untuk: (a) tidak menggunakan hasil pemodelan LISEM sebagai satu-satunya dasar penetapan zona bahaya longsor; (b) mengintegrasikan hasil LISEM dengan peta kerawanan berbasis data historis dan analisis geomorfologi; dan (c) melakukan validasi lapangan secara berkala untuk memperbarui dan menyempurnakan model. Sebagai alternatif atau pelengkap, model *r.slope.stability* yang mengintegrasikan faktor keamanan lereng secara spasial dapat dipertimbangkan, atau pendekatan *ensemble* yang menggabungkan beberapa model untuk meningkatkan keandalan prediksi (Ma, 2018).

Gambar 7 menampilkan beberapa contoh hasil pemodelan LISEM yang memprediksi terjadinya tanah longsor pada area-area tertentu. Namun, berdasarkan analisis citra satelit dan sejarah kejadian longsor di wilayah tersebut, tidak ditemukan bukti aktual terjadinya tanah longsor pada lokasi-lokasi yang diprediksi oleh model. Hal ini dapat dijelaskan dengan memperhatikan karakteristik tutupan lahan dan lereng pada area-area tersebut serta beberapa parameter tanah lainnya. Pada wilayah yang diprediksi longsor oleh model LISEM, terlihat adanya tutupan lahan berupa vegetasi pohon yang cukup lebat. Keberadaan vegetasi yang rapat ini berperan penting dalam mengikat tanah dan menjaga stabilitas lereng, sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya tanah longsor (Malek et al., 2015). Selain itu, analisis lereng pada area-area tersebut menunjukkan bahwa lereng tidak terlalu curam, yang juga berkontribusi terhadap stabilitas lereng dan mengurangi potensi terjadinya longsor (Fatiatun et al., 2019).

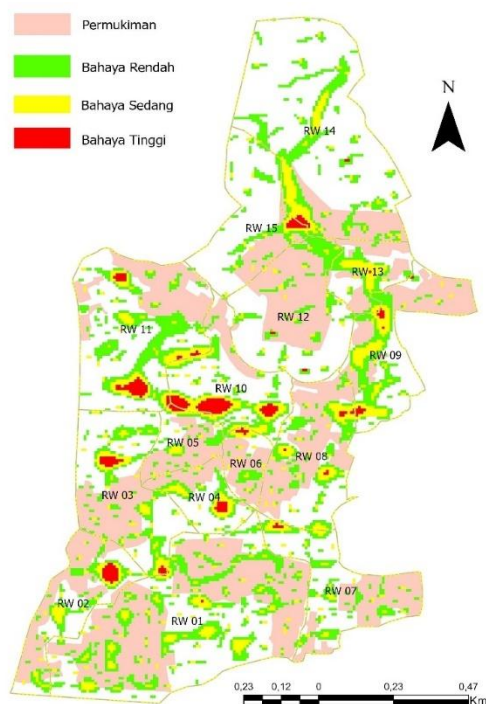
Dalam pemodelan LISEM, beberapa asumsi dan penyederhanaan diterapkan, seperti asumsi bahwa tanah sudah berada dalam kondisi jenuh serta pengabaian beberapa parameter penting seperti kohesi tanah dan sudut geser. Penerapan asumsi dan penyederhanaan ini dapat memengaruhi hasil prediksi model, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian antara hasil pemodelan dengan kondisi aktual di lapangan yang diverifikasi melalui validasi lapangan (Ma, 2018). Asumsi tanah jenuh dapat menyebabkan model memprediksi bahaya longsor yang lebih tinggi dibandingkan kondisi sebenarnya, terutama pada area-area dengan drainase yang baik. Sementara itu, pengabaian parameter kohesi tanah dan sudut geser dapat mengakibatkan model kurang sensitif terhadap variasi kekuatan geser tanah yang berperan penting dalam stabilitas lereng (Awgechew & Ayehutsega, 2022). Hal ini dapat menyebabkan model menghasilkan prediksi yang kurang akurat.

Wilayah Terdampak Tanah Longsor

Dalam upaya mengidentifikasi wilayah rawan tanah longsor di Desa Cihanjuang, dilakukan proses analisis tumpang-susun (*overlay*) antara wilayah dengan bahaya tanah longsor yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya dengan wilayah permukiman yang berpotensi terdampak oleh longsor. Selanjutnya, hasil pemodelan tanah longsor menggunakan LISEM digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk yang kemungkinan terdampak oleh kejadian tanah longsor. Estimasi jumlah penduduk dilakukan dengan memanfaatkan data *People in Pixels (PiP)*. Data *PiP* memberikan informasi terkait kepadatan penduduk pada setiap piksel citra satelit.

Persebaran Permukiman di Wilayah Bahaya Longsor

Permukiman penduduk menjadi salah satu variabel penting yang dipertimbangkan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi area yang rawan terhadap bencana tanah longsor. Tanah longsor kerap mengancam keselamatan jiwa masyarakat yang bertempat tinggal di wilayah yang bahaya akan tanah longsor. Desa Cihanjuang memiliki luas wilayah permukiman sebesar 67 Ha. Sebaran permukiman dan bahaya tanah longsor di wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 9.



Sumber: Hasil analisis, 2024

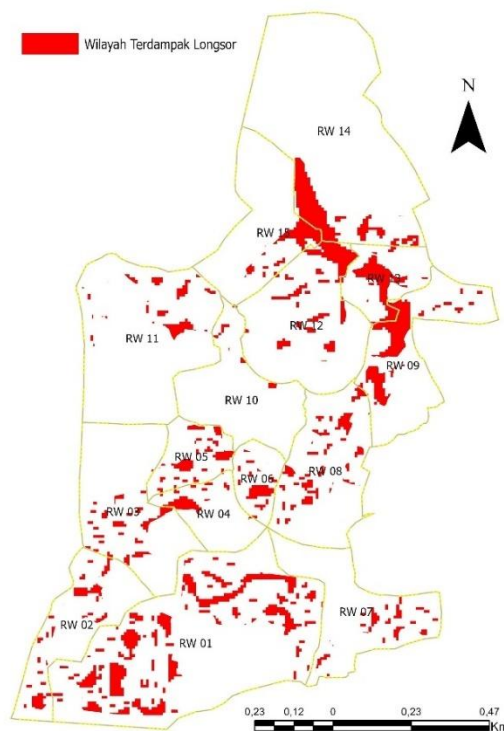
Gambar 9. Peta Persebaran Permukiman dan Bahaya Longsor Desa Cihanjuang

Berdasarkan Gambar 9., dapat dilihat bahwa sebagian besar wilayah permukiman tidak berada di wilayah yang bahaya tinggi untuk terjadinya tanah longsor. Namun, permukiman yang ada di Desa Cihanjuang hampir seluruhnya terkena bahaya tanah longsor meskipun dengan bahaya yang rendah. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan masyarakat untuk memilih lokasi yang relatif lebih landai dan aman untuk dibangun sebagai kawasan permukiman. Meskipun demikian, di beberapa lokasi tertentu, terdapat wilayah yang bahaya tinggi tanah longsor saling tumpang-tindih dengan permukiman. Wilayah yang tumpang tindih tersebut dapat dikategorikan sebagai wilayah terdampak tanah longsor.

Persebaran Wilayah Terdampak Tanah Longsor

Wilayah terdampak tanah longsor dalam penelitian ini merupakan hasil tumpang-susun antara wilayah bahaya tanah longsor yang didapatkan dari hasil pemodelan LISEM dan wilayah permukiman penduduk. Pada Gambar 10, dapat dilihat bahwa persebaran wilayah terdampak tanah longsor terdapat pada hampir seluruh Desa Cihanjuang. Hal ini

mengindikasikan bahwa Desa Cihanjuang memiliki risiko terhadap tanah longsor, terutama pada area-area permukiman yang berada di lokasi bahaya tinggi longsor.



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 10. Peta Wilayah Longsor Desa Cihanjuang

Wilayah terdampak tanah longsor di Desa Cihanjuang terletak pada area dengan lereng lebih dari 15%. Berdasarkan hasil penelitian, wilayah terdampak longsor di Desa Cihanjuang memiliki luas sebesar 15,7 Ha atau hanya sebesar 9,52% dari total luas wilayah Desa Cihanjuang dan 23,43% dari luas wilayah permukiman di Desa Cihanjuang. Meskipun luasnya relatif kecil, namun wilayah ini perlu mendapatkan perhatian karena memiliki risiko tanah longsor yang dapat mengancam keselamatan penduduk dan infrastruktur di sekitarnya. Secara administratif, wilayah RW yang didominasi oleh wilayah terdampak tanah longsor adalah RW 09, RW 13, RW 14 dan RW 15. Sementara itu, RW lainnya juga memiliki wilayah yang terdampak tanah longsor, namun dengan tingkat bahaya yang lebih rendah untuk terjadinya tanah longsor.

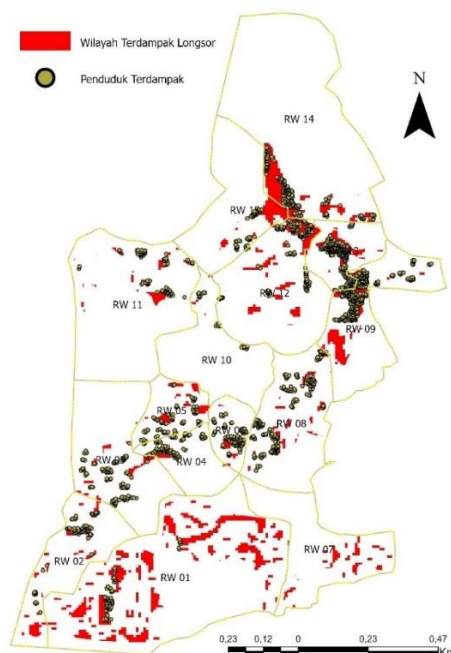
Estimasi Penduduk Terdampak Longsor

Tanah longsor dapat merusak infrastruktur yang ada di sekitarnya akibat pergerakan tanah. Dampak kerugian terbesar dari bencana tanah longsor tentunya kehilangan tempat tinggal dan korban jiwa. Dalam penelitian ini, untuk mengestimasi jumlah penduduk yang terdampak bencana longsor di Desa Cihanjuang, digunakan data *People in Pixel (PiP)*.

Data *People in Pixels (PiP)* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kepadatan penduduk berbasis piksel dengan resolusi spasial 100 meter × 100 meter (setara dengan 1 Ha per piksel), yang bersumber dari dataset *WorldPop*. Dataset ini menggunakan

pendekatan pemodelan berbasis *Random Forest* yang mengintegrasikan data sensus, citra satelit, dan berbagai variabel geospasial untuk mendistribusikan populasi ke dalam *grid* spasial yang seragam. Setiap piksel merepresentasikan estimasi jumlah orang yang tinggal dalam area seluas 1 Ha. Untuk mendapatkan estimasi penduduk per RW, dilakukan proses agregasi spasial dengan menjumlahkan nilai piksel PiP yang berada dalam batas administratif setiap RW menggunakan operasi zonal *statistics* di ArcGIS Pro. Total estimasi penduduk seluruh Desa Cihanjuang berdasarkan data PiP adalah 9.505 jiwa.

Penggunaan data PiP berbasis piksel dalam estimasi penduduk terdampak mengandung beberapa potensi kesalahan yang perlu diperhatikan: (1) *Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP), di mana batas piksel PiP tidak selalu selaras dengan batas administratif RW, sehingga terjadi ketidakpastian dalam pengalokasian penduduk pada batas-batas wilayah; (2) Resolusi spasial 100 m × 100 m mungkin tidak cukup detail untuk merepresentasikan distribusi penduduk yang sangat heterogen di tingkat RW, terutama di wilayah dengan kepadatan permukiman yang bervariasi; (3) Data PiP didasarkan pada proyeksi dari data sensus yang memiliki jeda waktu, sehingga perubahan distribusi penduduk yang terjadi setelah tahun referensi sensus tidak tertangkap; dan (4) Pada area perbukitan dan lereng curam seperti di Desa Cihanjuang, model distribusi penduduk berbasis piksel cenderung meratakan distribusi yang sebenarnya lebih terkonsentrasi di lembah dan lereng bawah. Mengingat keterbatasan tersebut, estimasi 2.101 jiwa terdampak yang dihasilkan dalam penelitian ini sebaiknya dipahami sebagai perkiraan dengan rentang ketidakpastian tertentu, bukan sebagai angka yang presisi.



Sumber: Hasil analisis, 2024

Gambar 11. Peta Estimasi Jumlah Penduduk Desa Cihanjung

Pada Gambar 11, dapat dilihat bahwa terdapat 2.101 jiwa yang terdampak longsor di Desa Cihanjuang atau sebesar 22,1% dari total penduduk yang ada di Desa Cihanjuang. Berdasarkan Gambar 13., dapat dilihat bahwa secara administratif, RW 09 merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terbanyak yang terdampak bencana tanah longsor, yaitu

sebanyak 352 jiwa. Di sisi lain, RW 07 tercatat sebagai wilayah dengan jumlah penduduk terdampak paling sedikit, yaitu hanya 11 jiwa. Rincian jumlah total penduduk yang terkena dampak tanah longsor pada masing-masing RW dapat dilihat secara lebih terperinci pada Tabel 4.

Tabel 4. Total Penduduk Terdampak Longsor pada level RW di Desa Cihanjuang

RW	Total Penduduk yang Terdampak Longsor (Jiwa)
01	91
02	103
03	130
04	106
05	112
06	95
07	11
08	237
09	352
10	35
11	112
12	219
13	242
14	206
15	50
Total	2.101

Hasil analisis, 2024

Kesimpulan

Hasil pemodelan tanah longsor menggunakan LISEM di Desa Cihanjuang, Kecamatan Cimanggung, Kabupaten Sumedang menunjukkan sebaran aliran air dan padatan akibat tanah longsor serta memberikan informasi total secara hidrologis selama periode 24 jam serta menunjukkan volume tanah longsor pada akhir simulasi melalui perhitungan volume sederhana. Pemodelan dilakukan dengan mempertimbangkan parameter curah hujan, lereng, kekasaran permukaan, dan karakteristik tanah. Hasil pemodelan tanah longsor menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah yang berpotensi longsor berada pada area dengan lereng di atas 15%. Hasil pemodelan juga menunjukkan total volume tanah longsor yang diprediksi mencapai 3.361.527 m³.

Berdasarkan analisis terhadap persebaran permukiman dan wilayah potensi tanah longsor, wilayah rawan tanah longsor di Desa Cihanjuang memiliki luas 15,7 Ha atau 9,52% dari total luas wilayah desa dan 23,43% dari luas wilayah permukiman. Wilayah ini terletak pada lereng dengan kemiringan lebih dari 15% dan secara administratif wilayah RW yang didominasi oleh wilayah rawan longsor adalah RW 09, RW 13, RW 14, dan RW 15. Sementara itu, RW lainnya juga memiliki wilayah yang rawan akan tanah longsor, namun dengan tingkat potensi yang lebih rendah untuk terjadinya tanah longsor. Estimasi jumlah penduduk terdampak tanah longsor di Desa Cihanjuang dilakukan dengan menggunakan data *People in Pixel* (PiP). Hasil estimasi menunjukkan bahwa terdapat 2.101 jiwa atau sekitar 22,1% dari total penduduk Desa Cihanjuang yang terdampak longsor. Secara administratif, RW 09 merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terbanyak yang terdampak bencana tanah longsor, yaitu sebanyak 352 jiwa.

Model LISEM terbukti mampu menyimulasikan dinamika aliran longsor secara spasial, meskipun validasi menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara prediksi model

dengan kejadian longsor historis. Ketidaksesuaian ini disebabkan oleh penggunaan nilai parameter tanah dari literatur (bukan pengujian lapangan) dan beberapa asumsi penyederhanaan dalam model. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian geoteknik langsung guna mendapatkan nilai kohesi tanah dan sudut geser yang lebih akurat, serta mengeksplorasi penggunaan model alternatif atau pendekatan ensambel untuk meningkatkan keandalan prediksi bahaya longsor di Desa Cihanjuang dan wilayah-wilayah serupa di Indonesia.

Acknowledgment

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Hibah KEDAIREKA 2024 dengan judul Sistem lahan multi-skala berbasis lanskap pertanian untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan perkuatan ketahanan pangan.

Daftar Pustaka

- Aprilana, & Putra, D. H. (2021). Analisis Spasial Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Sumedang (Studi Kasus: Kecamatan Sumedang Utara dan Kecamatan Sumedang Selatan). 2021: Prosiding FTSP Series 2.
- Arsyad, F., & Subarkah, A. (2023). Risiko Bencana Tanah Longsor di Desa Cihanjuang Kecamatan Cimanggung Kabupaten Sumedang Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Perlindungan Dan Pemberdayaan Sosial (Lindayasos)*.
- Awgechew, & Ayehutsega, L. (2022). Landslide susceptibility assessment: A case study in central Norway. *POLITECNICO*.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2021). Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) Tahun 2020. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 78. https://inarisk.bnpb.go.id/pdf/BUKU_IRBI_2020_KP.pdf
- Bout, B., Lombardo, L., van Westen, C. J., & Jetten, V. G. (2018). Integration of two-phase solid fluid equations in a catchment model for flashfloods, debris flows and shallow slope failures. *Environmental Modelling & Software*, 105, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.017>
- Bout, B., van Westen, C. J., Lombardo, L., Chiyang, M., van der Horst, T., & Jetten, V. (2022). Physically based modeling of co-seismic landslide, debris flow, and flood cascade. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(10), 3183–3209. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-3183-2022>
- de Barros, C. A. P., Minella, J. P. G., Schlesner, A. A., Ramon, R., & Copetti, A. C. (2021). Impact of data sources to DEM construction and application to runoff and sediment yield modelling using LISEM model. *Journal of Earth System Science*, 130(1), 53. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01547-1>
- de Vugt, L. C. (2018). Mapping and modelling of landslide and flood hazards on St. Eustatius with openLISEM. Utrecht University.
- Ebling, É. D., Althoff, I., & Reichert, J. M. (2024). Hydrosedimentology of paired watersheds with clayey soils under cattle grazing and no-tillage cropping: LISEM calibration and validation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(15), 9481–9500. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05603-x>
- Fathani, T. F. (2022). Debris flow hazard analysis toward the implementation of mitigation measures. *International Journal of Geomate*, 22(95), 108–115. <https://doi.org/10.21660/2022.95.3208>
- Fatiatun, F., Firdaus, F., Jumini, S., & Adi, N. P. (2019). Analisis Bencana Tanah Longsor Serta Mitigasinya. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 5(2), 134. <https://doi.org/10.32699/spektra.v5i2.113>
- Gunadi, I. G. A., Sofan, P., & Hadi, M. P. (2017). Spatial modeling in landslide susceptibility. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 5(1), 139–146. <https://doi.org/10.11591/IJEECS.V5.I1.PP139-146>
- Hamida, F. N., & Widyasamratri, H. (2019). Risiko Kawasan Longsor Dalam Upaya Mitigasi Bencana Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Pondasi*, 24(1), 67. <https://doi.org/10.30659/pondasi.v24i1.4997>

- Hasnawir. (2013). Early warning of rainfall-induced landslides and debris flows on Mt. Bawakaraeng, South Sulawesi, Indonesia. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.20886/IJFR.2013.10.1.1-10>
- Ma, C. (2018). Comparing and evaluating two physically-based models: openLISEM and Scoops3D, for landslide volume prediction (Issue February). University of Twente.
- Malek, Ž., Boerboom, L., & Glade, T. (2015). Future forest cover change scenarios with implications for landslide risk: An example from Buzau Subcarpathians, Romania. *Environmental Management*, 56(5), 1228–1243. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0577-y>
- Naryanto, H. S. (2017). Analisis kejadian bencana tanah longsor tanggal 12 Desember 2014 di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Kecamatan Karangobar, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.29122/alami.v1i1.122>
- Naryanto, H. S., Soewandita, H., Ganesha, D., Prawiradisastara, F., & Kristijono, A. (2019). Analisis penyebab kejadian dan evaluasi bencana tanah longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur tanggal 1 April 2017. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 272. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.272-282>
- Pangestu, S. D., & Fedryansyah, M. (2023). Implementasi mitigasi bencana alam berbasis masyarakat melalui Kampung Siaga Bencana di Desa Cihanjuang Kecamatan Cimanggung Kabupaten Sumedang. *Focus: Jurnal Pekerjaan Sosial*, 6(1), 192. <https://doi.org/10.24198/focus.v6i1.47267>
- Pemerintahan Kabupaten Sumedang. (2019). Rencana pembangunan jangka menengah daerah (RPJMD) Kabupaten Sumedang tahun 2019–2024. Pemerintah Kabupaten Sumedang.
- Prastistho, B., Pratiknyo, P., Rodhi, A., Prasetyadi, C., Massora, M. R., & Munandar, Y. K. (2018). Hubungan struktur geologi dan sistem air tanah. Yogyakarta: LPPM UPN “Yogyakarta” Press (Vol. 1).
- van den Bout, B., Tang, C., van Westen, C., & Jetten, V. (2022). Physically based modeling of co-seismic landslide, debris flow, and flood cascade. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(10), 3183–3209. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-3183-2022>
- Zhou, C., Yin, K., Cao, Y., Ahmed, B., Li, Y., Catani, F., & Pourghasemi, H. R. (2018). Landslide susceptibility modeling applying machine learning methods: A case study from Longju in the Three Gorges Reservoir area, China. *Computers & Geosciences*, 112, 23–37. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.11.019>