



Analisis Spasial Kerawanan Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Kecamatan Sawan Kabupaten Buleleng

Putu Ryan Wira Atmaja¹, I Wayan Krisna Eka Putra², I Gede Yudi Wisnawa³

Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia¹⁻³

Email Korespondensi: ryan.wira@student.undiksha.ac.id, krisna.ekaputra@undiksha.ac.id,

yudi.wisnawa@undiksha.ac.id

Article received: 01 Januari 2026, Review process: 12 Januari 2026

Article Accepted: 22 Maret 2026, Article published: 01 Mei 2026

ABSTRACT

This study examines landslide susceptibility in Sawan District, Buleleng Regency, using a Geographic Information System (GIS)-based spatial analysis approach. The area is characterized by hilly terrain and high rainfall intensity, which increase the risk of landslides. A quantitative method was applied using the weighted overlay technique, integrating key parameters such as slope, rainfall, soil type, land use, and elevation. The results indicate that landslide susceptibility is predominantly classified as high (54.17%), followed by moderate (43.83%), while low and very high categories occupy relatively small proportions. Spatially, the northern area tends to have lower susceptibility, whereas the central to southern areas show higher susceptibility due to steep slopes and intense rainfall. These findings highlight the significant role of topographic and environmental factors in landslide occurrence. The resulting susceptibility map can support spatial planning and disaster mitigation efforts.

Keywords: Landslide susceptibility, Geographic Information Systems (GIS), Spatial analysis.

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng, menggunakan pendekatan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Wilayah ini memiliki kondisi topografi perbukitan dengan curah hujan tinggi yang berpotensi meningkatkan risiko longsor. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan teknik *weighted overlay* terhadap parameter kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, penggunaan lahan, dan elevasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerawanan longsor didominasi oleh kategori tinggi sebesar 54,17%, diikuti kategori sedang sebesar 43,83%, sedangkan kategori rendah dan sangat tinggi relatif kecil. Secara spasial, wilayah utara cenderung memiliki kerawanan lebih rendah, sementara wilayah tengah hingga selatan memiliki kerawanan lebih tinggi akibat kondisi lereng curam dan curah hujan tinggi. Temuan ini menegaskan pentingnya faktor topografi dan lingkungan dalam menentukan potensi longsor. Peta zonasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai dasar perencanaan tata ruang dan mitigasi bencana.

Kata Kunci: Kerawanan longsor, Sistem Informasi Geografis (SIG), Analisis spasial.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat risiko bencana alam tertinggi di dunia. Hal ini tidak terlepas dari kondisi geografisnya yang unik, yaitu terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia: Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Letak ini menjadikan Indonesia sangat rentan terhadap berbagai bencana geologis seperti gempa bumi dan tanah longsor (Hardianto *et al.*, 2020). Sebagai negara yang berada di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun. Curah hujan yang tinggi ini menjadi salah satu penyebab utama terjadinya berbagai bencana hidrometeorologis, termasuk tanah longsor (Haribuan *et al.*, 2019). Curah hujan yang tinggi secara terus-menerus menyebabkan tanah menjadi jenuh air dan mengalami pelapukan lebih cepat, yang pada akhirnya membuat struktur tanah tidak stabil. Ketidakstabilan ini kemudian memicu terjadinya tanah longsor, terutama di wilayah dengan topografi curam seperti daerah perbukitan dan pegunungan. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), tercatat sebanyak 7.024 kejadian tanah longsor terjadi di Indonesia selama periode 2015 hingga 2024 (BNPB; Fish, 2020). Jumlah ini menunjukkan tingginya frekuensi kejadian dan menjadi indikator penting bahwa longsor merupakan bencana yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Salah satu wilayah yang rentan terhadap tanah longsor adalah Provinsi Bali.

Pulau Bali termasuk salah satu daerah di Indonesia yang memiliki potensi tinggi terhadap kejadian tanah longsor. Tingkat kerentanan ini dipengaruhi oleh bentuk wilayah yang didominasi oleh kontur perbukitan dan pegunungan, terutama di kabupaten bagian tengah dan utara pulau Bali, seperti di Kabupaten Bangli, Karangasem, dan Buleleng. Selain kondisi fisiografi tersebut, tingginya intensitas curah hujan tahunan, khususnya saat musim penghujan, menjadi faktor utama pemicu terjadinya pergerakan tanah (PVMBG, 2023). Tingkat risiko tersebut meningkat akibat adanya perubahan penggunaan lahan serta pembangunan di kawasan lereng yang tidak mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan. Aktivitas seperti penggundulan lahan, pembangunan pemukiman di lereng curam, serta kurangnya pelestarian vegetasi menyebabkan kestabilan tanah menjadi terganggu dan meningkatkan kemungkinan longsor (BPNB, 2022). Data dari BPBD Provinsi Bali menunjukkan bahwa selama tahun 2022, tercatat puluhan kejadian tanah longsor di wilayah Tabanan, Buleleng, dan Bangli, yang sebagian besar terjadi pasca hujan deras berkepanjangan (BPBD Bali, 2022). Salah satu peristiwa yang paling signifikan terjadi pada 17 Februari 2017, di Desa Songan, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Bencana longsor tersebut mengakibatkan sedikitnya 12 korban jiwa dan menghancurkan sejumlah rumah penduduk (BPNB, 2017). Kejadian serupa juga terjadi pada Oktober 2022 di Kabupaten Buleleng, di mana hujan intens memicu longsor yang memutus jalur transportasi dan merusak berbagai infrastruktur desa (BPBD Bali, 2022).

Kabupaten Buleleng, yang terletak di bagian utara Pulau Bali, merupakan salah satu wilayah yang paling sering terdampak oleh bencana tanah longsor. Sebagai kabupaten terluas di Provinsi Bali, Buleleng memiliki bentang alam yang kompleks, mulai dari dataran rendah di sepanjang garis pantai hingga perbukitan

dan pegunungan curam di bagian tengah dan selatan wilayahnya. Variasi topografi ini menyebabkan sebagian besar wilayah Buleleng memiliki kerawanan tinggi terhadap bencana geologi seperti tanah longsor, khususnya saat musim hujan tiba (PVMBG, 2023). kerawanan ini semakin diperburuk oleh tingginya intensitas curah hujan tahunan serta tekanan penggunaan lahan yang tidak terkendali. Aktivitas pembukaan lahan untuk pertanian dan pembangunan permukiman di lereng-lereng bukit seringkali dilakukan tanpa memperhatikan prinsip konservasi lingkungan. Akibatnya, vegetasi alami yang memiliki fungsi menahan tanah melalui sistem perakaran menjadi rusak, sehingga mempercepat penurunan kestabilan lereng dan meningkatkan risiko terjadinya longsor (BPNB, 2022). Di samping itu, jenis tanah yang banyak dijumpai di Buleleng seperti regosol, andosol, dan latosol memiliki karakteristik yang mudah menyerap air (Pemerintah Provinsi Bali Peta Jenis Tanah Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup Provinsi Bali). Pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi, tanah tersebut akan cepat jenuh air, kehilangan daya kohesinya, dan berpotensi mengalami pelongsoran. Kondisi ini diperburuk dengan masih banyaknya daerah pemukiman dan pertanian yang tidak dilengkapi dengan sistem drainase yang baik, sehingga mempercepat terjadinya akumulasi air permukaan dan tekanan air pori di dalam tanah (PVMBG, 2023). Berdasarkan laporan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Bali, sepanjang tahun 2022 tercatat puluhan kejadian tanah longsor di Kabupaten Buleleng. Dampak dari kejadian tersebut meliputi rusaknya rumah penduduk, terputusnya akses jalan antar desa, hingga menimbulkan korban jiwa. Kecamatan yang paling sering mengalami kejadian longsor antara lain Sawan, Sukasada, dan Busungbiu, terutama pada periode curah hujan tinggi (BPBD Bali, 2022).

Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng merupakan salah satu wilayah yang memiliki karakteristik tersebut, sehingga berpotensi tinggi mengalami bencana longsor. Wilayah ini memiliki bentuk lahan perbukitan dengan lereng curam dan jenis tanah yang mudah tererosi, seperti latosol dan regosol. Selain itu, Faktor penyebab tanah longsor secara alamiah meliputi morfologi permukaan bumi, penggunaan lahan, kemiringan lereng yang curam, jenis tanah yang labil, penggunaan lahan yang tidak sesuai, serta intensitas curah hujan yang tinggi, berkontribusi signifikan terhadap potensi terjadinya longsor di wilayah ini (Nuryanti *et al.*, 2018). tingginya intensitas hujan serta aktivitas pemanfaatan lahan yang tidak memperhatikan aspek konservasi turut meningkatkan terjadinya longsor. Meskipun demikian, kajian mengenai tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Sawan masih terbatas, terutama yang menggunakan pendekatan spasial. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Sawan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Untuk dapat meminimalisir dan memberikan informasi masyarakat tentang bencana longsor, diperlukan upaya identifikasi dan pemetaan daerah rawan longsor secara akurat. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah terbukti efektif dalam melakukan pemetaan kerawanan longsor. informasi geografis (SIG). Dengan melakukan pengolahan terhadap parameter penyebab longsor seperti curah hujan, jenis tanah, kelerengan, dan tutupan lahan, dan elevasi.

Parameter tanah longsor beserta data pendukungnya diolah dan dianalisis menggunakan teknologi berbasis sistem informasi geografis. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pembobotan dari setiap parameter yang digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui wilayah yang berpotensi terhadap bencana tanah longsor, serta perubahan luasan potensi tanah longsor dengan luaran berupa peta potensi tanah longsor yang diharapkan mampu memberi informasi dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait berdasarkan latar belakang di atas untuk mengurangi resiko akibat bencana alam. Penulis akan memilih penelitian tugas akhir dengan judul Analisis Spasial Kerawanan Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang dipadukan dengan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk memperoleh gambaran objektif mengenai tingkat kerawanan longsor melalui pengolahan data numerik dan spasial yang terukur, sedangkan SIG dimanfaatkan untuk mengintegrasikan, mengolah, dan menganalisis data spasial secara sistematis dan akurat. Penelitian ini diarahkan untuk menganalisis tingkat kerawanan longsor di wilayah Kecamatan Sawan dengan mempertimbangkan berbagai faktor fisik dan lingkungan yang berpengaruh. Pendekatan yang digunakan meliputi pendekatan spasial (*spatial approach*), yaitu dengan menganalisis hubungan antarparameter penyebab longsor seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan, dan elevasi. Seluruh parameter tersebut diolah menggunakan teknik *overlay* dalam SIG, yaitu metode tumpang susun beberapa peta tematik untuk menghasilkan peta zonasi kerawanan longsor. Hasil analisis kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat kerawanan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data sekunder yang bersumber dari berbagai instansi terkait. Data tersebut meliputi data spasial berupa *shapefile* (SHP) batas administrasi Kecamatan Sawan, jaringan jalan, elevasi, dan kemiringan lereng yang diperoleh dari Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan Indonesia Geospasial, serta data non-spasial seperti curah hujan dari BMKG, data tutupan lahan dari Indonesia Geospasial, dan data jenis tanah dari Dinas PUPR Provinsi Bali. Seluruh data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak SIG, yaitu ArcGIS 10.8, dengan dukungan perangkat keras berupa laptop serta perangkat lunak pendukung lainnya seperti Microsoft Office.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dengan teknik penelusuran data sekunder dari instansi pemerintah, portal geospasial, dan sumber resmi lainnya yang relevan. Data yang telah terkumpul kemudian diproses melalui tahapan pengolahan SIG, meliputi pengolahan data dasar, klasifikasi parameter, pembobotan, serta analisis *overlay* untuk menghasilkan peta kerawanan longsor.

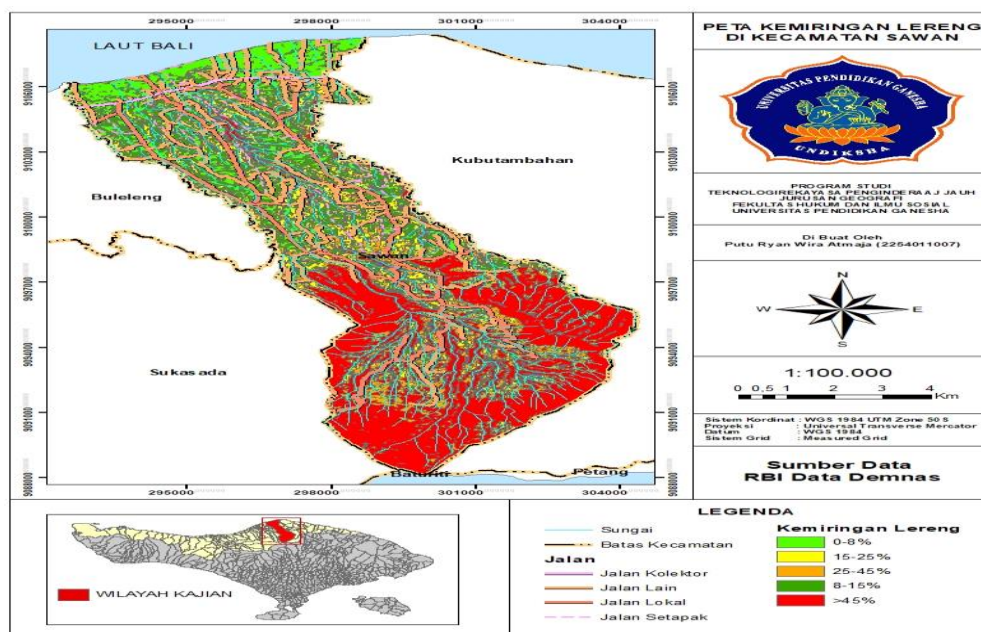
Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis, yaitu mengolah dan menginterpretasikan data spasial untuk menggambarkan tingkat kerawanan longsor secara sistematis. Selanjutnya, hasil pemodelan spasial divalidasi dengan data kejadian longsor aktual guna mengetahui

tingkat kesesuaian antara hasil analisis dengan kondisi lapangan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat sebagai dasar dalam perencanaan tata ruang, mitigasi bencana, serta pengambilan kebijakan oleh pemerintah daerah di Kabupaten Buleleng, khususnya di Kecamatan Sawan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan parameter topografi yang merepresentasikan tingkat kecuraman permukaan lahan terhadap bidang horizontal, dinyatakan dalam satuan derajat atau persentase, dan berperan penting dalam menentukan kestabilan lereng. Kondisi topografi Kecamatan Sawan yang didominasi oleh wilayah perbukitan menyebabkan sebagian besar areanya memiliki kemiringan lereng sedang hingga curam, sehingga berkontribusi terhadap meningkatnya potensi terjadinya tanah longsor (Pratama *et al.*, 2024). Lereng dengan tingkat kecuraman tinggi seperti tabel di bawah >45 cenderung memiliki gaya pendorong akibat gravitasi yang lebih besar, yang memperlemah keseimbangan massa tanah, terutama ketika terjadi peningkatan curah hujan yang menyebabkan kejenuhan tanah dan penurunan kuat geser (Renintan *et al.*, 2025). Selain faktor geomorfologi, tekanan aktivitas manusia seperti pembukaan lahan, pemotongan lereng untuk pembangunan infrastruktur, serta penurunan tutupan vegetasi turut mempercepat degradasi stabilitas lereng. Oleh karena itu, kemiringan lereng merupakan variabel kunci dalam penilaian kerawanan longsor dan menjadi parameter utama dalam analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Langkah - Langkah dalam pembuatan peta kemiringan lereng menggunakan data DEM cara akan di tampilkan pada lampiran 1.



Gambar 4.1.2.1 Peta kemiringan lereng

Tabel 4.1.2.1 Kelas Kemiringan Lereng

No	Kemiringan Lereng	Luas (ha)	Luas (%)
1	0-8%	1.568,23	16,95
2	8-15%	1.806,99	19,53
3	15-25%	1.424,90	15,40
4	25-45%	1.207,69	13,05
5	>45%	3.086,51	33,36
Jumlah		9.094,32	100%

Sumber: Hasil Perhitungan

Penggunaan Lahan

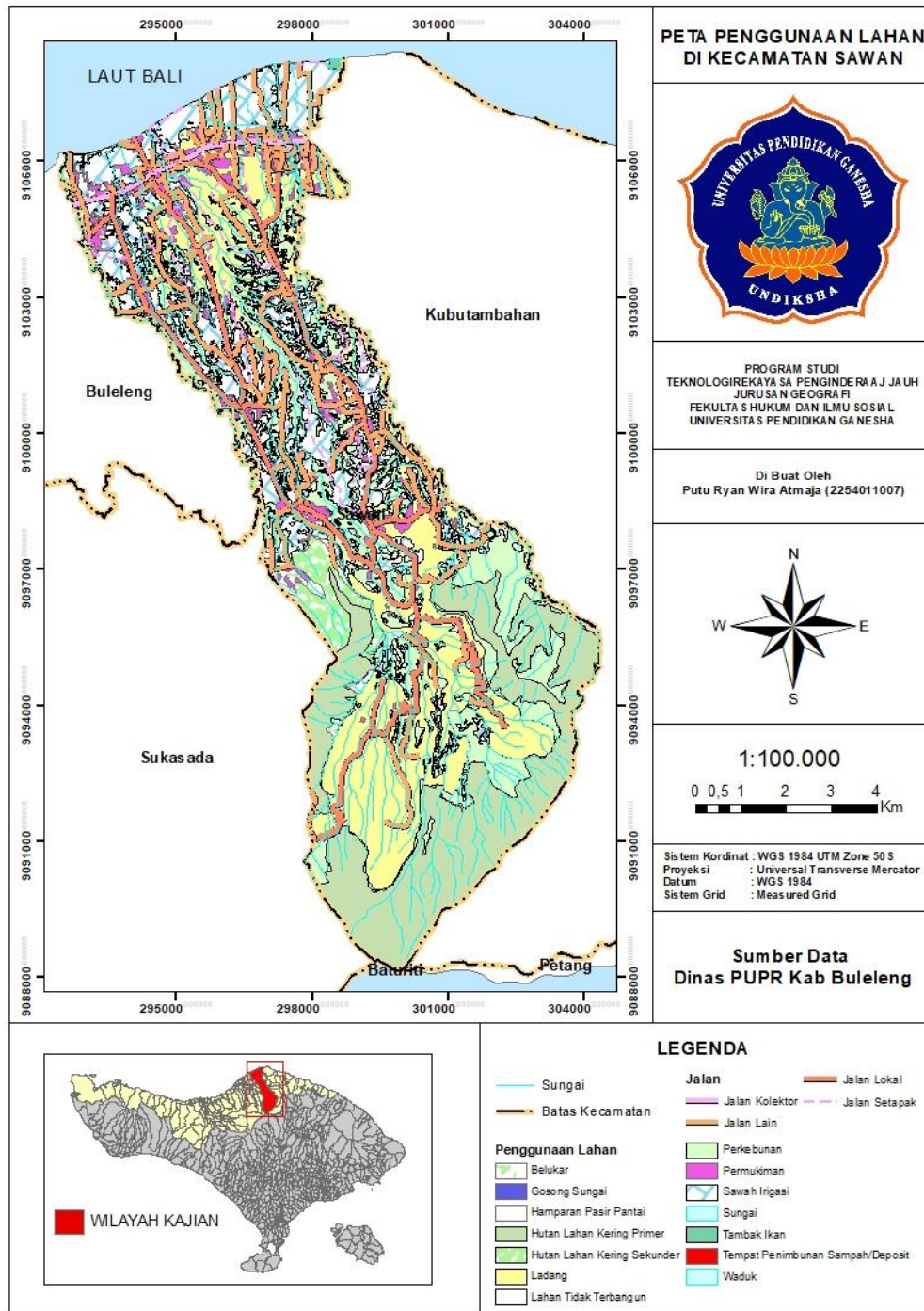
Pemanfaatan lahan merefleksikan aktivitas manusia dalam mengelola permukaan bumi untuk kepentingan pertanian, perkebunan, permukiman, dan infrastruktur, yang berimplikasi langsung terhadap keseimbangan fisik lingkungan. Di Kecamatan Sawan, heterogenitas penggunaan lahan dari wilayah dataran rendah hingga kawasan perbukitan menghasilkan variasi tingkat kestabilan lereng. Penggunaan lahan pada lereng curam, khususnya tegalan, perkebunan, dan permukiman, berkontribusi terhadap peningkatan kerawanan longsor akibat berkurangnya tutupan vegetasi, menurunnya kekuatan ikat tanah oleh sistem perakaran, serta terganggunya sistem drainase alami akibat aktivitas antropogenik seperti pemotongan lereng dan pembangunan infrastruktur jalan. Kondisi tersebut semakin diperkuat oleh curah hujan tinggi yang memicu kejenuhan tanah dan penurunan kuat geser (Di *et al.*, 2025). Sebaliknya, lahan dengan tutupan vegetasi rapat, terutama kawasan hutan, cenderung memiliki stabilitas lereng yang lebih baik karena mampu meningkatkan kohesi tanah dan mengendalikan limpasan permukaan (Hanifudin *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penggunaan lahan merupakan variabel kunci dalam penilaian kerawanan longsor dan menjadi parameter penting dalam analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Data penggunaan lahan yang dimanfaatkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi berwenang. Data tersebut telah tersaji dalam bentuk kelas-kelas penggunaan lahan, sehingga tidak diperlukan proses pengklasifikasian ulang oleh peneliti. Oleh karena itu, tahapan analisis difokuskan pada pemberian skor terhadap setiap kelas penggunaan lahan berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kerawanan bencana tanah longsor. Pemberian skor ini dimaksudkan untuk merepresentasikan variasi kontribusi masing-masing kategori penggunaan lahan terhadap potensi terjadinya longsor secara kuantitatif. Berikut

adalah cara memotong / clip data yang baru saja di dapatkan dan pemberian skor / bobot pada setiap kategori yang akan di tampilkan dalam lampiran 2.

Gambar 4.1.2.2 Peta Penggunaan Lahan

Tabel 4.1.2.2 Kelas Penggunaan Lahan



No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Luas (%)
1	Belukar	91,51	0,99
2	Gosong Sungai	0,39	0,00423
3	Hamparan Pasir Pantai	1,94	0,02094

4	Hutan Lahan Kering Primer	1.802,33	19,48
5	Hutan Lahan Kering Sekunder	244,92	2,65
6	Ladang	2.321,69	25,09
7	Lahan Tidak Terbangun	0,58	0,00622
8	Perkebunan	1.804,88	19,51
9	Pemukiman	845,61	9,14
10	Sawah Irigasi	1.958,96	21,18
11	Sungai	25,15	0,27
12	Tambak Ikan	7,15	0,0773
13	Tempat Penimbunan Sampah	1,31	0,0142
14	Waduk	4,73	0,0511
Jumlah		9.111,15	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

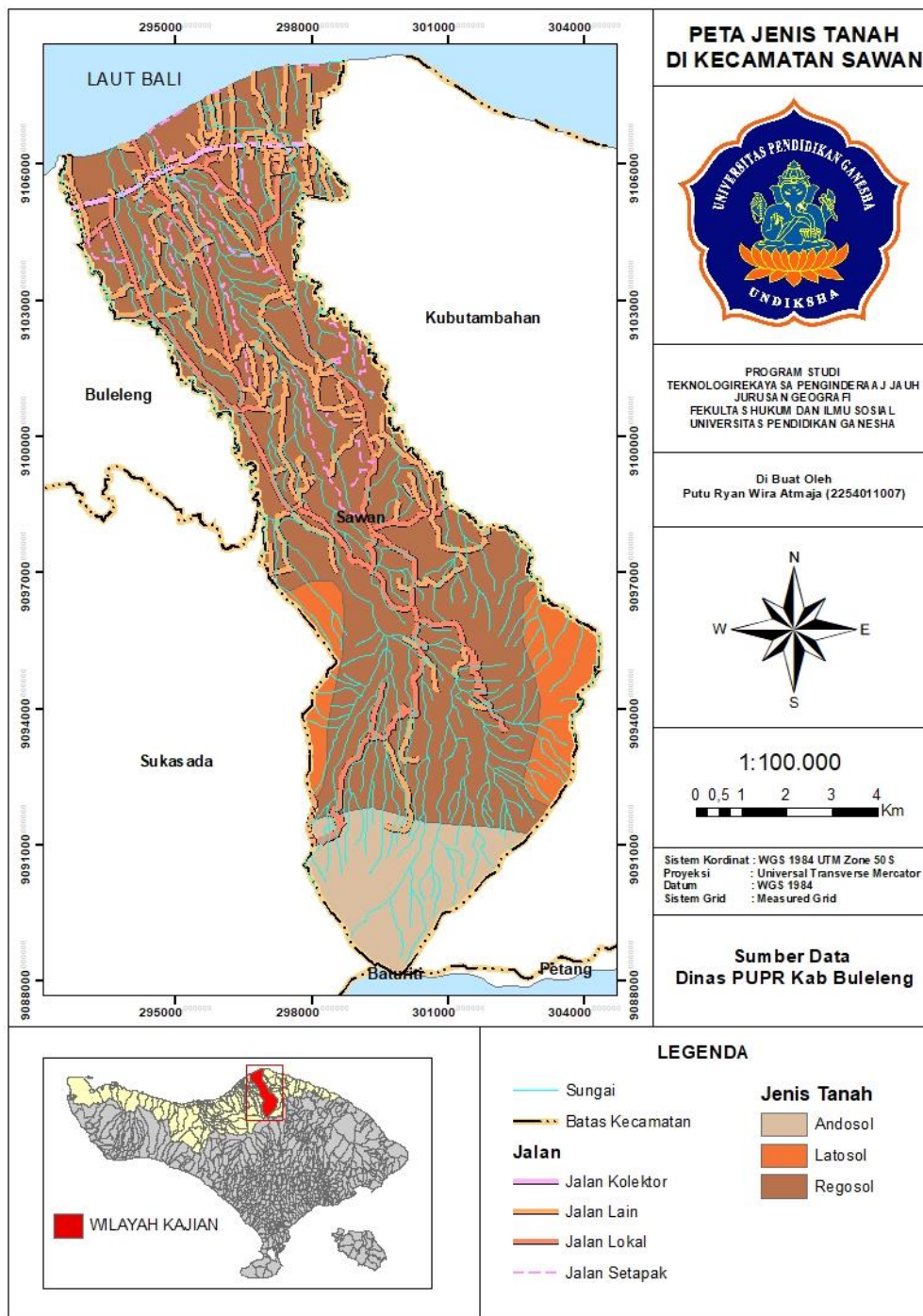
Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi tingkat kerawanan tanah longsor pada suatu wilayah. Karakteristik tanah seperti tekstur, struktur, porositas, permeabilitas, serta tingkat kohesi tanah sangat menentukan kestabilan lereng. Tanah yang memiliki struktur gembur, porositas tinggi, dan kohesi yang rendah cenderung lebih mudah mengalami pergerakan massa tanah, terutama ketika terjadi peningkatan kandungan air akibat curah hujan yang tinggi. Kondisi tersebut dapat menurunkan kekuatan geser tanah sehingga meningkatkan potensi terjadinya longsor. Secara umum, jenis tanah terbentuk melalui proses pedogenesis yang dipengaruhi oleh beberapa faktor pembentuk tanah, yaitu bahan induk, iklim, organisme, topografi, dan waktu. Perbedaan faktor-faktor tersebut menghasilkan karakteristik tanah yang berbeda pada setiap wilayah. Variasi sifat fisik dan kimia tanah tersebut menyebabkan setiap jenis tanah memiliki respon yang berbeda terhadap tekanan air pori dan gaya gravitasi pada lereng. Oleh karena itu, jenis tanah sering digunakan sebagai salah satu parameter dalam analisis kerawanan tanah longsor, khususnya dalam pemetaan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian mengenai faktor penyebab tanah longsor menunjukkan bahwa kondisi dan sifat tanah merupakan faktor alam yang berperan penting dalam terjadinya longsor. Selain itu, curah hujan tinggi serta aktivitas manusia dalam pemanfaatan lahan juga dapat mempercepat terjadinya pergerakan massa tanah pada lereng (Kendal, 2022). Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi sehingga menentukan tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap bencana tanah longsor. Selain faktor tanah, kondisi topografi, curah hujan, kemiringan lereng, serta penggunaan lahan juga menjadi parameter penting dalam analisis kerawanan longsor. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Hanifudin et al., 2024), pemetaan ancaman tanah longsor dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter utama seperti kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, kondisi topografi, dan penggunaan lahan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi faktor-faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap tingkat ancaman tanah longsor di suatu wilayah.

Di wilayah Kabupaten Buleleng, khususnya Kecamatan Sawan, jenis tanah yang dominan dijumpai antara lain regosol, andosol, dan latosol. Tanah regosol merupakan tanah muda yang berasal dari material vulkanik yang belum mengalami perkembangan profil tanah secara sempurna. Tanah ini umumnya memiliki tekstur kasar hingga berpasir serta struktur yang masih lepas sehingga memiliki tingkat kohesi yang rendah. Kondisi tersebut menyebabkan tanah regosol lebih rentan mengalami erosi maupun pergerakan massa tanah, terutama pada daerah dengan kemiringan lereng yang curam dan intensitas curah hujan tinggi.

Tanah andosol merupakan tanah yang berkembang dari pelapukan abu vulkanik. Tanah ini memiliki kandungan bahan organik yang tinggi serta struktur tanah yang remah dan gembur. Selain itu, tanah andosol memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi sehingga mudah mengalami kejenuhan air pada saat curah hujan tinggi. Kejenuhan air tersebut dapat mengurangi kestabilan lereng dan meningkatkan potensi terjadinya tanah longsor. Sementara itu, tanah latosol merupakan tanah yang telah mengalami proses pelapukan lanjut dan umumnya berkembang pada daerah dengan curah hujan tinggi di wilayah tropis. Tanah ini memiliki tekstur yang relatif lebih halus dan struktur yang lebih stabil dibandingkan dengan tanah regosol dan andosol. Namun demikian, pada kondisi lereng yang curam serta curah hujan tinggi, tanah latosol tetap memiliki potensi mengalami longsor akibat meningkatnya tekanan air pori yang dapat menurunkan kekuatan geser tanah. Dengan demikian, karakteristik masing-masing jenis tanah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kestabilan lereng. Oleh karena itu, analisis jenis tanah menjadi salah satu variabel penting dalam penelitian mengenai pemetaan kerawanan tanah longsor.

Data jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Buleleng. Data tersebut telah tersedia dalam bentuk klasifikasi (kelas) jenis tanah, sehingga peneliti tidak melakukan proses pengolahan atau klasifikasi ulang terhadap data tersebut. Tahapan yang dilakukan oleh peneliti hanya terbatas pada pemberian skor pada setiap kelas jenis tanah berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kategori yang dikaji. Pemberian skor ini bertujuan untuk mengkuantifikasi perbedaan karakteristik antar kelas jenis tanah sehingga dapat digunakan dalam proses analisis selanjutnya. Berikut adalah cara memotong / clip data yang baru saja di dapatkan dan pemberian skor / bobot pada setiap kategori yang akan di tampilkan dalam lampiran 3.



Gambar 4.1.2.3 Peta Jenis Tanah

Tabel 4.1.2.3 Kelas Jenis Tanah

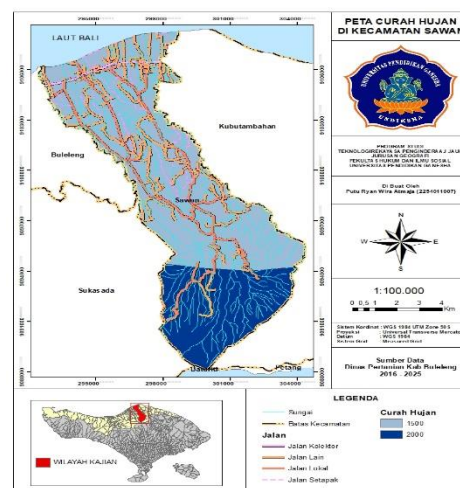
No	Jenis Tanah	Luas (ha)	Luas (%)
1	Andosol (Peka)	738,67	7,98
2	Latosol (Agak Peka)	7.346,37	79,40
3	Regosol (Sangat Peka)	1.026,11	11,09
Jumlah		9.111,15	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang jatuh pada suatu wilayah dalam periode waktu tertentu yang biasanya dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Besarnya curah hujan mencerminkan jumlah air yang diterima oleh permukaan tanah dan berperan penting dalam memengaruhi kondisi hidrologi serta kestabilan lereng. Curah hujan dengan intensitas tinggi dapat meningkatkan kadar air dalam tanah sehingga menyebabkan tanah menjadi jenuh air. Kondisi kejenuhan tersebut akan meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan kekuatan geser tanah, sehingga tanah menjadi lebih mudah mengalami pergerakan massa atau longsor. Di wilayah Kecamatan Sawan, curah hujan menjadi salah satu faktor alam yang berperan penting dalam menentukan tingkat kerawanan tanah longsor. Kondisi topografi wilayah yang didominasi oleh daerah perbukitan dengan kemiringan lereng yang bervariasi menyebabkan wilayah ini cukup rentan terhadap bencana longsor. Ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi dan berlangsung dalam waktu yang lama, air hujan akan meresap ke dalam lapisan tanah dan menyebabkan peningkatan kadar air tanah hingga mencapai kondisi jenuh. Keadaan ini mengakibatkan meningkatnya tekanan air pori yang dapat menurunkan kohesi dan kekuatan geser tanah sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya pergerakan massa tanah pada lereng (Adfy *et al.*, 2021).

Selain menyebabkan kejenuhan tanah, curah hujan yang tinggi juga dapat mempercepat proses pelapukan batuan dan meningkatkan laju erosi pada permukaan lereng. Apabila kondisi tersebut terjadi pada wilayah dengan tutupan vegetasi yang rendah atau pada area yang mengalami perubahan penggunaan lahan, maka potensi terjadinya tanah longsor akan semakin meningkat. Oleh karena itu, curah hujan sering dijadikan sebagai salah satu parameter penting dalam analisis kerawanan tanah longsor, khususnya dalam pemetaan kerawanan longsor berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) yang mengintegrasikan berbagai faktor fisik wilayah seperti kemiringan lereng, jenis tanah, dan penggunaan lahan (Berbasis *et al.*, 2022). Langkah – Langkah dalam pembuatan peta Curah Hujan menggunakan data dari stasiun Curah Hujan Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng membuat sebagai berikut yang akan di tampilkan dalam lampiran 4.



Gambar 4.1.2.4 Peta Curah Hujan

Tabel 4.1.2.4 Kelas Curah Hujan

N	Curah Hujan	Luas (ha)	Luas (%)
1	1500 CH/mm	6.569,66	71,02
2	2000 CH/mm	2.536,24	27,42
Jumlah		9.105,9	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

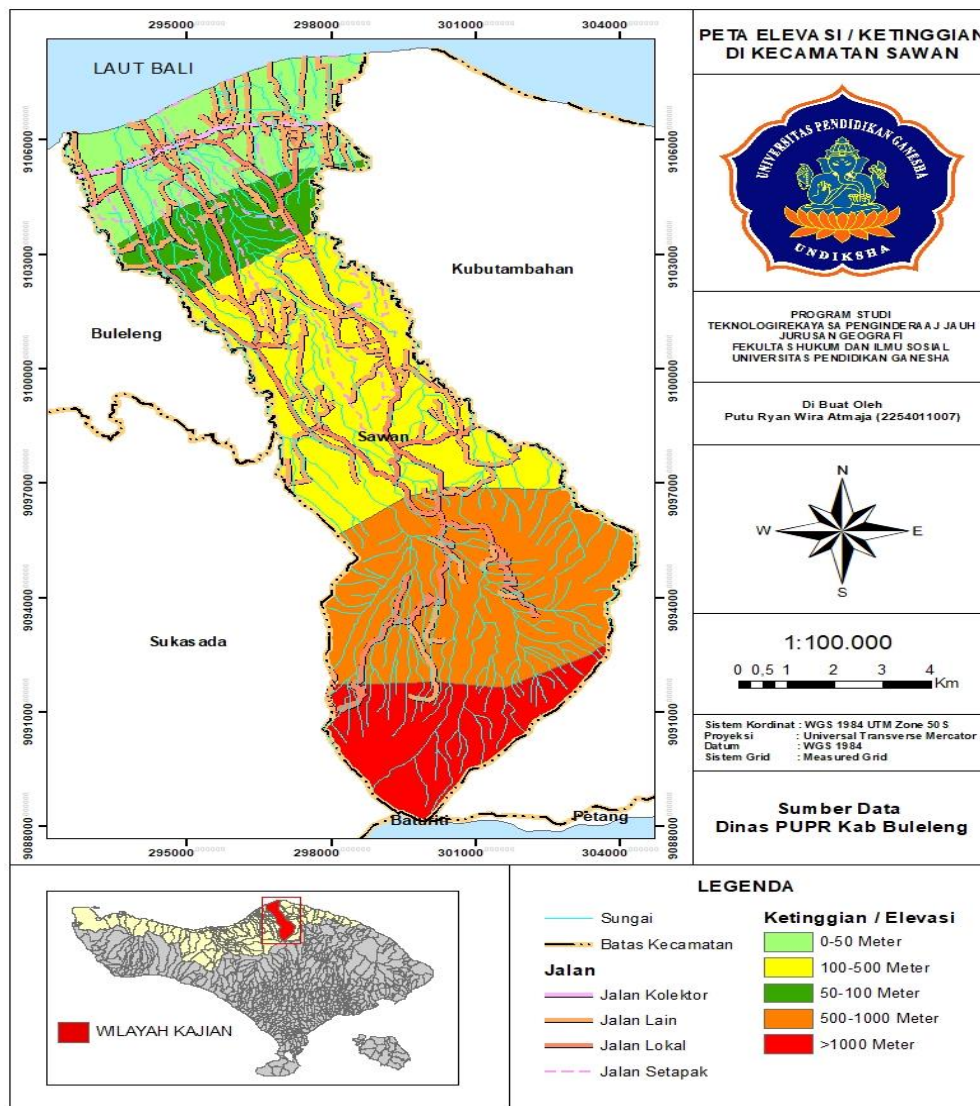
Elevasi/Ketinggian

Elevasi atau ketinggian merupakan posisi suatu wilayah di permukaan bumi yang diukur terhadap permukaan laut rata-rata (mean sea level) dan biasanya dinyatakan dalam satuan meter di atas permukaan laut (mdpl). Elevasi menggambarkan perbedaan tinggi rendahnya suatu wilayah yang berkaitan erat dengan kondisi topografi, kemiringan lereng, serta proses geomorfologi yang terjadi di suatu daerah. Dalam kajian kebencanaan, khususnya tanah longsor, elevasi menjadi salah satu parameter penting karena wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi umumnya memiliki morfologi berupa perbukitan atau pegunungan yang dicirikan oleh lereng yang lebih curam dan kondisi tanah yang relatif lebih rentan terhadap pergerakan massa tanah (Dua *et al.*, 2024). Di Kecamatan Sawan, variasi elevasi wilayah cukup beragam, mulai dari dataran rendah di daerah pesisir hingga kawasan perbukitan dengan ketinggian ratusan meter di atas permukaan laut. Wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi umumnya memiliki topografi yang lebih terjal dan berpotensi menerima curah hujan yang relatif lebih tinggi dibandingkan daerah dataran rendah. Kondisi tersebut dapat mempercepat proses pelapukan batuan serta meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah yang menyebabkan tanah menjadi jenuh air. Kejenuhan tanah tersebut dapat menurunkan kekuatan geser tanah sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya pergerakan massa tanah pada lereng (Akbar *et al.*, 2022).

Selain itu, elevasi juga berkaitan dengan pola penggunaan lahan dan kondisi tutupan vegetasi. Pada wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi, penggunaan lahan umumnya berupa pertanian lahan kering atau perkebunan yang berada pada lereng perbukitan. Apabila pengelolaan lahan tidak memperhatikan prinsip konservasi tanah, maka kondisi tersebut dapat mengurangi kestabilan lereng dan meningkatkan potensi terjadinya tanah longsor. Oleh karena itu, elevasi atau ketinggian wilayah menjadi salah satu parameter penting dalam analisis kerawanan longsor berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) karena dapat membantu mengidentifikasi daerah yang memiliki potensi longsor lebih tinggi berdasarkan karakteristik topografinya (Coal & Timur, 2023).

Data Elevasi / Ketinggian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Buleleng. Data tersebut telah tersedia dalam bentuk klasifikasi (kelas) Elevasi / Ketinggian, sehingga peneliti tidak melakukan proses pengolahan atau klasifikasi ulang terhadap data tersebut. Tahapan yang dilakukan oleh peneliti hanya terbatas pada pemberian skor pada setiap kelas Elevasi / Ketinggian berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kategori yang dikaji. Pemberian skor ini bertujuan untuk mengkuantifikasi perbedaan karakteristik antar kelas Elevasi /

Ketinggian sehingga dapat digunakan dalam proses analisis selanjutnya. Berikut adalah cara memotong / clip data yang baru saja di dapatkan dan pemberian skor / bobot pada setiap kategori yang akan di tampilkan dalam lampiran 5



Gambar 4.1.2.5 Peta Ketinggian / Elevasi

Tabel 4.1.2.5 Kelas Elevasi / Ketinggian

N	Elevasi / Ketinggian	Luas (ha)	Luas (%)
1	0-50 Meter	1.587,16	17,15
2	50-100 Meter	772,56	8,35
3	100-500 Meter	2.800,53	30,27
4	500-1000 Meter	2.751,54	29,74
5	>1000 Meter	1.199,86	12,97
Jumlah		9.111,65	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tingkat potensi ancaman bencana tanah longsor di Kecamatan Sawan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1.3.1 dan Tabel 4.1.3.1, mengindikasikan bahwa wilayah penelitian terbagi ke dalam empat kelas kerawanan, yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pendekatan *weighted overlay* menunjukkan bahwa distribusi kerawanan longsor memiliki variasi yang cukup mencolok di setiap bagian wilayah.

Secara kuantitatif, kelas kerawanan tinggi merupakan kategori yang paling dominan dengan luasan mencapai 5.012,57 hektar atau sebesar 54,17% dari total wilayah Kecamatan Sawan. Kelas sedang berada pada posisi berikutnya dengan luas 4.055,12 hektar atau 43,83%. Sementara itu, kelas kerawanan rendah hanya mencakup 14,40 hektar (0,156%), dan kelas sangat tinggi menjadi kategori dengan luasan paling kecil yaitu 11,12 hektar (0,12%). Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data spasial yang telah dilakukan, diperoleh tingkat potensi kerawanan bencana tanah longsor pada setiap desa di Kecamatan Sawan yang ditentukan berdasarkan nilai potensi yang dihasilkan. Hasil analisis tersebut menunjukkan adanya perbedaan tingkat kerawanan antarwilayah desa, yang secara visual ditampilkan dalam peta sebaran potensi longsor. Secara spasial, distribusi potensi ancaman bencana tanah longsor di Kecamatan Sawan disajikan pada lampiran Gambar 4.1.3.1 Peta Kerawanan Longsor.

Merujuk pada tabel kelas longsor berdasarkan Desa dapat diketahui bahwa yang memiliki tingkat potensi ancaman bencana tanah longsor tersebar diseluruh desa yang ada di Kecamatan Sawan. Desa Galungan dan Lemukih merupakan Desa di Kecamatan Sawan yang memiliki kelas kerawanan longsor Sangat Tinggi, sedangkan pada kelas Tinggi terdapat desa Sudaji, Sekumpul, Bebetin, Sawan, Menyali, kelas sedang terdapat Desa Suwug, Jagaraga, Sinabun, Krobokan, Sangsit, Girimas. Pada kelas tingkat Rendah Desa Bungkulan. Dari kelas tingkat potensi ancaman bencana tanah longsor di sampaikan berdasarkan presentasi tertinggi. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Lampiran 2 tabel kelas longsor berdasarkan Desa.

Dominannya kelas kerawanan tinggi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kecamatan Sawan memiliki tingkat kerentanan yang cukup besar terhadap kejadian tanah longsor. Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor utama seperti kemiringan lereng, intensitas curah hujan, serta pola penggunaan lahan. Walaupun luasan zona dengan tingkat kerawanan sangat tinggi relatif kecil, keberadaannya tetap memerlukan perhatian khusus karena berpotensi menimbulkan dampak yang lebih serius dan merusak apabila terjadi longsor.

Dominasi kelas kerawanan longsor yang tinggi di Kecamatan Sawan tidak terlepas dari kondisi fisik wilayah yang didominasi oleh morfologi perbukitan, khususnya pada bagian tengah hingga selatan. Wilayah ini merupakan zona peralihan dari dataran rendah ke daerah perbukitan dengan variasi kemiringan lereng yang cukup besar. Lereng yang curam menyebabkan meningkatnya komponen gaya gravitasi yang bekerja sejajar dengan bidang lereng, sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya pergerakan massa tanah. Dalam konsep stabilitas lereng, kondisi tersebut dijelaskan melalui keseimbangan antara gaya

penggerak (*driving forces*) dan gaya penahan (*resisting forces*), di mana longsor terjadi apabila gaya penggerak melebihi gaya penahan (Selby, 1993). Temuan ini juga didukung oleh penelitian di Indonesia yang menyatakan bahwa kemiringan lereng merupakan faktor utama dalam menentukan tingkat kerawanan longsor (Naryanto, 2017).

Curah hujan merupakan faktor pemicu utama dalam terjadinya longsor di Kecamatan Sawan. Intensitas hujan yang tinggi akan meningkatkan proses infiltrasi air ke dalam tanah, yang kemudian menyebabkan peningkatan tekanan air pori (*pore water pressure*) serta penurunan tegangan efektif tanah. Menurut Terzaghi (1943), kondisi tersebut dapat mengurangi kekuatan geser tanah sehingga lereng menjadi tidak stabil. Selain itu, hujan dengan durasi yang panjang dapat menyebabkan tanah mengalami kejenuhan secara menyeluruh, yang pada akhirnya meningkatkan potensi terjadinya longsor (Hardiyatmo, 2006). Hal ini juga diperkuat oleh data kejadian di Indonesia yang menunjukkan bahwa longsor umumnya terjadi setelah hujan lebat dengan durasi tertentu (BPNB, 2019).

Karakteristik jenis tanah di Kecamatan Sawan yang didominasi oleh regosol dan andosol juga berperan dalam meningkatkan kerawanan longsor. Tanah dengan porositas tinggi cenderung mudah menyerap air dan cepat mengalami kejenuhan, sehingga kohesi tanah menurun. Dalam mekanika tanah, kekuatan geser dipengaruhi oleh kohesi dan sudut geser dalam (Das, 2010). Penelitian Surono *et al.* (2012) juga menjelaskan bahwa tanah vulkanik seperti andosol memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap longsor karena sifatnya yang mudah melapuk dan memiliki kemampuan menyerap air yang besar. Dari segi penggunaan lahan, aktivitas pertanian pada lereng tanpa penerapan teknik konservasi tanah yang memadai turut meningkatkan potensi longsor. Vegetasi memiliki fungsi penting dalam menjaga kestabilan lereng melalui sistem perakaran yang mampu mengikat partikel tanah. Tutupan vegetasi yang baik dapat mengurangi erosi serta menekan aliran permukaan (*runoff*) (Arsyad, 2010). Hal ini sejalan dengan penelitian (Marfai *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi lahan terbuka dapat meningkatkan risiko longsor secara signifikan.

Ketinggian wilayah juga memiliki peran dalam mempengaruhi tingkat kerawanan longsor. Wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi umumnya memiliki lereng yang lebih curam serta menerima curah hujan yang lebih besar akibat pengaruh orografis (Van Zuidam, 1985). Kondisi ini memperkuat hubungan antara faktor topografi dan iklim dalam meningkatkan potensi longsor. Penelitian di Indonesia juga menunjukkan bahwa daerah pegunungan memiliki tingkat kerawanan longsor yang lebih tinggi dibandingkan wilayah dataran rendah (Naryanto, 2017). Secara keseluruhan, interaksi antar parameter tersebut menunjukkan bahwa kerawanan longsor di Kecamatan Sawan merupakan hasil kombinasi berbagai faktor yang saling berhubungan. Kemiringan lereng berperan sebagai faktor pengontrol utama, curah hujan sebagai pemicu, jenis tanah sebagai faktor kerentanan, penggunaan lahan sebagai faktor yang dapat memperkuat atau memperlambat kondisi lereng, serta ketinggian wilayah sebagai faktor yang mempengaruhi kondisi topografi dan iklim. Pendekatan ini sejalan dengan metode

analisis multi-parameter berbasis SIG yang banyak digunakan dalam pemetaan kerawanan longsor (Pradhan, 2010).

Pada penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode Proportionate Stratified Random Sampling, yaitu teknik sampling yang diawali dengan membagi populasi ke dalam beberapa strata berdasarkan kelas tingkat kerawanan longsor, kemudian sampel dari setiap strata dipilih secara acak sesuai dengan proporsi jumlah masing-masing kelompok (Sugiyono, 2017). Metode ini diterapkan karena wilayah Kecamatan Sawan memiliki variasi tingkat kerawanan longsor yang beragam, sehingga setiap kelas kerawanan perlu terwakili secara proporsional agar hasil penelitian lebih akurat. Dalam penelitian ini, jumlah sampel validasi yang digunakan sebanyak 30 titik sampel yang tersebar di seluruh wilayah Kecamatan Sawan. Penetapan jumlah 30 sampel tersebut mengacu pada ketentuan jumlah minimal sampel yang dinilai telah memenuhi syarat untuk mewakili populasi dalam penelitian lapangan, sehingga cukup untuk menggambarkan kondisi nyata di wilayah penelitian (Sugiyono, 2017). Selanjutnya, pembagian jumlah sampel pada setiap kelas kerawanan dilakukan secara proporsional berdasarkan jumlah luas wilayah dalam % pada masing-masing strata kerawanan, agar data yang diperoleh dapat mencerminkan kondisi lapangan secara seimbang, representatif, dan sesuai dengan karakteristik wilayah penelitian.

Jika jumlah sampel yang akan diambil sebanyak 30 titik, maka jumlah sampel tiap strata dihitung dengan rumus:

$$n_i = \frac{N_i}{N} \times n$$

Keterangan:

- n_i = jumlah sampel tiap strata
- N_i = Jumlah luas tiap strata
- N = total populasi
- n = total sampel

Perhitungan:

- Rendah = $(0,156/100) \times 30 = 2$ sampel
- Sedang = $(43,83/100) \times 30 = 12$ sampel
- Tinggi = $(54,17/100) \times 30 = 15$ sampel
- Sangat tinggi = $(0,12/100) \times 30 = 1$ sampel

Setelah jumlah sampel tiap strata diperoleh, titik sampel pada masing-masing kelas dipilih secara acak bisa dilihat pada halaman lampiran 3 Gambar 1 Peta Titik Sampel Kerawanan Longsor dan pada lampiran 4 Tabel 1 Validasi titik sampel di lapangan. Dengan demikian, semua kelas kerawanan longsor di Kecamatan Sawan terwakili secara proporsional sesuai luas atau jumlah populasinya.

Tabel Matrix Computation Validasi Data Lapangan

Kelas	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Total
Rendah	2	-	-	-	2
Sedang	1	10	1	-	12
Tinggi	-	-	14	1	15

Sangat Tinggi	-	-	-	1	1
Total	4	10	15	1	30

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus Overall Accuracy:

$$OA = \frac{\text{Jumlah diagonal benar}}{\text{Total sampel}} \times 100\%$$

Diagonal benar = 2 + 10 + 14 + 1 = 27

$$OA = \frac{27}{30} \times 100 = 90\%$$

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kerawanan longsor di Kecamatan Sawan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui metode *weighted overlay*, wilayah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam empat tingkat kerawanan, yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas kerawanan tinggi merupakan kategori yang paling dominan dengan luas 5.012,57 hektar (54,17%), diikuti oleh kelas sedang sebesar 4.055,12 hektar (43,83%), sedangkan kelas rendah dan sangat tinggi memiliki luasan yang relatif kecil. Secara spasial, wilayah bagian utara cenderung memiliki tingkat kerawanan rendah hingga sedang karena kondisi topografi yang relatif landai. Sebaliknya, wilayah bagian tengah hingga selatan didominasi oleh tingkat kerawanan tinggi akibat kemiringan lereng yang curam, curah hujan yang tinggi, serta penggunaan lahan yang kurang mendukung kestabilan lereng. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kerawanan longsor meliputi kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, penggunaan lahan, dan ketinggian wilayah.

DAFTAR RUJUKAN

- Adfy, D. M., Bumi, L. F., Fisika, J., Matematika, F., Alam, P., Andalas, U., Unand, K., & Manis, L. (2021). *Analisis Kerawanan Bencana Longsor dari Karakteristik Hujan, Pergerakan Tanah dan Kemiringan Lereng di Kabupaten Agam*. 10(1), 8-14.
- Aini, A. (2007). Sistem Informaasi Pengertia Dan Aplikasinya. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951-952., 5-24.
- Akbar, M. A., Utami, S. R., & Agustina, C. (2022). DAN KETEBALAN SERESAH YANG BERBEDA *Landslide Simulation on Different Slope and Litter Thickness*. 9(2), 321-327. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.12>
- Berbasis, L., Informasi, S., Sig, G., Prasetyo, D., Lukman, A., & Hasibuan, M. H. M. (2022). *PENGARUH ALIRAN AIR HUJAN TERHADAP DAERAH RAWAN*. 1(2).
- Coal, P. T. B., & Timur, K. (2023). *PENGARUH ELEVASI PERMUKAAN AIR TERHADAP PROBABILITAS KELONGSORAN DAN STABILITAS LERENG TIMBUNAN DI OPEN PIT " X "*. 7(3).
- Di, L., Bogor, K., Pendekatan, D., Nuraini, A., Saputra, R., & Mataburu, I. B. (2025). *Dampak Alih Fungsi Lahan Terhadap Kerawanan Tanah*. 1-20.
- Dua, K. M., Ogan, K., Ulu, K., Selatan, S., & Prihandayani, A. (2024). *Jurnal Penelitian Sains*. 26(1), 52-64.

- Hanifudin, F., Nugraha, A. L., & Firdaus, H. S. (2024). *Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Ancaman Bencana Longsor Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Kebumen)*. 7(April), 36–46. <https://doi.org/10.14710/jgt.7.1.2024.36-46>
- Jenita, N. K. S., Astiti, N. P. Y., & Adhika, I. N. R. (2023). Pengaruh Job Description, Sistem Kerja Dan Pelatihan Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Pegawai Pada Dinas Sosial Kabupaten Gianyar. *Jurnal Emas*, 4(1), 81–93. <https://ejournal.unmas.ac.id/index.php/emas/article/view/6109>
- Kendal, K. (2022). *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*. 11.
- Koko Mukti Wibowo, I. K. J. J. (2015). Sistem Informasi Geografis (Sig) Menentukan Lokasi. *Sistem Informasi Geografis (Sig) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara Di Provinsi Bengkulu Berbasis Website*, 11(1), 51–60.
- Krisnandi Reza, Trianda Obrin, Rizqi Al Hussein Flowers, Febby Luziana, & Hanafi Makruf Nur. (2021). Identifikasi Kawasan Rawan Bencana Longsor Metode Skoring Daerah Mojotengah Dan Sekitarnya, Kecamatan Reban, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah. *Identifikasi Kawasan Rawan Bencana Longsor Metode Skoring Daerah Mojotengah Dan Sekitarnya, Kecamatan Reban, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah*, 2021(November), 501–508. <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/2678/1238>
- KRISTANTO SETIAWAN MALA, B., MONIAGA, I. L., & Karongkong, H. H. (2017). Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Potensi Bahaya Longsor Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis Di Kolonodale Kabupaten Morowali Utara. *Ejournal Unstrad*, 4(3), 155–166. <https://doi.org/10.35793/sp.v4i3.17644>
- Luntungan, P. B. G., Rachmadhan, H. D., & Tandipajung, J. (2024). Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Sig Pada Kecamatan Tomohon Barat Dan Utara Kota Tomohon Provinsi Sulawesi Utara. *Journal Geological Processes, Risks and Integrated Spatial Modeling*, 02(03), 17–25.
- Madani, I., Ekstyarin, I., Maghfiroh, L., Krisnaayu, R., Lestari, D., Karina, H. A., Adityatama, C., Anjarini, D., & Ferdiansyah, R. (2023). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Tanah Longsor di Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang Melalui Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geosaintek*, 9(2), 80. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v9i2.17431>.
- Marfai, M. A., Cahyadi, A., & Anggraini, D. F. (2008). Kajian kerentanan longsor berbasis SIG. *Jurnal Geografi Indonesia*, 22(2), 45–57.
- Naryanto, H. S. (2017). Analisis kejadian bencana tanah longsor di Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 19(2), 90–102.
- Nuryanti, N., Tanesib, J. L., & Warsito, A. (2018). Pemetaan Daerah Rawan Banjir Dengan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(1), 73–79. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i1.604>
- Pradhan, B. (2010). Landslide susceptibility mapping using GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1(3), 123–145.

- Pratama, F. Y., Sinarta, I. N., Made, N., & Pratiwi, W. (2024). *Pengaruh Kondisi Eksisting dan Kemiringan Lereng Terhadap Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Linear Discriminant Analysis*. 3. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.22-2.1679>
- Renintan, E., Simatupang, B., Briggita, C. A., & Vallerina, K. (2025). *Jurnal mudabbir*. 5, 2981–2988.
- Robbi, R. A., Astutik, S., & Kurnianto, F. A. (2022). Kajian Kerawanan Bencana Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis Sebagai Acuan Mitigasi Bencana di Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. *Majalah Pembelajaran Geografi*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.19184/pgeo.v5i1.29716>
- Shatun, M., & Pertiwi, I. (2022). *Analisis tingkat kerawanan longsor lahan di kecamatan kemalang kabupaten klaten menggunakan sistem informasi geografis*. July, 1–23.
- Surono, J., et al. (2012). Karakteristik tanah vulkanik terhadap longsor di Indonesia. *Jurnal Geologi Indonesia*, 7(3), 201–210.
- Swafoto, W., Desa, D. I., & Buleleng, K. (2021). PEMETAAN KERAWANAN TANAH LONGSOR PADA OBJEK. 2, 1–9.
- Wibowo, R. C., Rizkiano, A., & Sarkowi, M. (2022). Identifikasi Zona Potensi Longsor Menggunakan Metode Fotogrametri Foto Udara Area Pidada Kota Bandar Lampung. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 3(2), 70–76. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i2.74>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2017, 2019, 2020, 2022.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), 2019, 2023.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), 2021.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2018.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR, 2019.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Bali 2022
- Bappenas. (2012). *Kajian risiko bencana longsor untuk perencanaan wilayah*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas.
- Hufschmidt, G., Crozier, M. J., & Glade, T. (2005). Landslide susceptibility mapping using GIS and weighted overlay techniques: A case study from New Zealand. *Natural Hazards*, 35(1), 25–44.
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi tanah dan air*. IPB Press.
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Penanganan tanah longsor dan erosi*. Gadjah Mada University Press.
- Selby, M. J. (1993). *Hillslope materials and processes* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*. John Wiley & Sons.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphology*. ITC.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.