

Landslide hazard assessment and agricultural vulnerability using a geospatial approach

Penilaian bahaya longsor dan kerentanan pertanian menggunakan pendekatan geospasial

Rian Gabriel Girsang^{1*}, Bistok Hasiholan Simanjuntak²

¹Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture and Business, Satya Wacana Christian University, Salatiga, Indonesia

²Graduate School of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture and Business, Satya Wacana Christian University, Salatiga, Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received: Sep 11, 2023
Accepted: Feb 04, 2024
Available Online: March 30, 2024

Keywords:

*slope instability,
farming susceptibility,
spatial analysis,
disaster risk,
agricultural resilience*

Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2024, 21 (1) 33-50
DOI:
<https://doi.org/10.31849/jip.v21i1.16105>

ABSTRACT

The village of Cukilan, Semarang Regency, Indonesia, is predominantly utilized for agricultural purposes, facilitated by its high rainfall suitable for various crops. Despite the benefits it provides to farmers, the elevated rainfall also poses natural disaster risks, particularly landslides, which can adversely affect surrounding communities. This study aims to map landslide potentials and evaluate their impacts on the agricultural sector in the Cukilan Village, Semarang Regency. The research methodology encompasses a literature review focusing on landslide potential estimation and field survey. The literature review aims to obtain landslide potential distribution maps compiled by DVMBG, considering rainfall, slope, geology, land use, and soil types. Field surveys validate conditions based on landslide potential estimations, involving random soil sampling and analyzing parameters like permeability, texture, bulk density, depth, and surface density. The research findings reveal the impact of landslide potential on the agricultural sector and the mapping of landslide potential areas in Cukilan Village, depicting various risk levels: very high (0.71% of total area, covering 5 ha), high (13.24%, 93 ha), moderate (56.55%, 397 ha), and low (29.48%, 207 ha). Based on these findings, it is evident that managing landslide disaster risks in agricultural development in the area is crucial, including the implementation of safer land use planning and appropriate mitigation strategies.

ABSTRAK

Desa Cukilan, Kabupaten Semarang, Indonesia, merupakan wilayah yang secara dominan digunakan untuk pertanian, didukung oleh tingginya curah hujan yang sesuai untuk berbagai jenis tanaman. Meskipun tingginya curah hujan memberikan keuntungan bagi petani, namun juga menyebabkan risiko bencana alam, khususnya longsor, yang dapat merugikan masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan potensi longsor dan mengevaluasi dampaknya terhadap sektor pertanian di Desa Cukilan, Kabupaten Semarang. Metode penelitian ini mencakup tinjauan literatur terkait estimasi potensi longsor dan survei lapangan. Tinjauan literatur bertujuan untuk mendapatkan peta sebaran potensi longsor yang disusun oleh DVMBG dengan mempertimbangkan curah hujan, kemiringan lereng, geologi, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Survei lapangan memvalidasi kondisi berdasarkan estimasi potensi longsor, yang melibatkan pengambilan sampel tanah secara acak dan menganalisis parameter seperti permeabilitas, tekstur, kepadatan curah, kedalaman, dan kepadatan permukaan. Hasil penelitian menunjukkan dampak potensi longsor terhadap sektor pertanian, serta pemetaan wilayah potensi longsor Desa Cukilan, yang menggambarkan beberapa tingkatan risiko, yaitu sangat tinggi (0.71%, 5 ha), tinggi (13.24%, 93 ha), sedang (56.55%, 397 ha), dan rendah (29.48%, 207 ha). Berdasarkan hasil penelitian ini, tampak bahwa pengelolaan risiko bencana longsor dalam pengembangan pertanian di wilayah tersebut sangat penting, termasuk perencanaan tata guna lahan yang lebih aman dan strategi mitigasi yang sesuai.

*Corresponding author

E-mail: riangabrielgirsang23@gmail.com

PENDAHULUAN

Desa Cukilan, yang terletak di Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang, merupakan salah satu desa dengan dominasi penggunaan lahan untuk pertanian. Dengan kondisi seperti itu, sumber air menjadi sumber daya penting untuk wilayah tersebut. Saat ini terdapat dua sumber air untuk bidang pertanian di sana yaitu berasal dari irigasi Senjoyo dan curah hujan. Irigasi Senjoyo sangat terbatas untuk diakses dari lokasi tertentu sehingga sumber air dari curah hujan sering kali menjadi pilihan utama masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air tanaman. Sebagai informasi, besarnya curah hujan tahunan di Desa Cukilan adalah 2000-3000 mm/tahun yang tergolong tinggi (Lestari, 2020). Menurut Susilowati & Sadad(2015), curah hujan yang tinggi akan menguntungkan bagi petani akan tetapi juga sering menimbulkan kerugian terhadap daerah tersebut karena potensi tinggi kejadian bencana alam seperti banjir dan longsor

Pada penelitian ini Desa Cukilan dijadikan objek kerawanan longsor karena daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki luas lahan peruntukan pertanian terbanyak dibanding penggunaan lahan untuk peruntukan lain, seperti pemukiman. Berdasarkan penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa longsor sering terjadi di daerah ini pada setiap tahunnya sehingga akan berdampak buruk bagi lahan petani (Lestari, 2020). Potensi bahaya longsor di Desa Cukilan sangat tinggi karena karakteristik geomorfologi lahan seperti kelerengan lahan sebesar 25-40 %, morfologi lahan datar hingga berlereng curam, jenis tanah Latasol vitrik, serta geologi batuan penyusun tanah berupa *top soil* yang banyak humus dan mineral (Lestari, 2020). Tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di daerah tropis dengan iklim basah. Dampak yang dihasilkan dari pergerakan massa ini tidak terbatas pada kerusakan fisik seperti kerusakan infrastruktur publik dan lahan pertanian saja, tetapi juga kerugian lainnya seperti kerusakan struktur, fisik, dan biologi tanah yang berguna untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, longsor yang terjadi akan merusak simbiosis lingkungan di sekitar lahan pertanian pertanian dan kerusakan infrastruktur pendukung pertanian lainnya, seperti saluran irigasi dan sumber air (Bakri, 2019).

Longsor terjadi karena melibatkan volume tanah suatu lapisan rentan kedap air yang jenuh air sehingga tanah akan jatuh sesuai dengan akibat gaya gravitasi maka hal ini akan mengakibatkan kerusakan lingkungan dan mengganggu aktivitas sekitar (Khafid, 2019). Tanah longsor merujuk pada pergerakan massa tanah atau batuan yang terjadi karena terganggunya stabilitas lereng. Penyebab dari tanah longsor dapat dibagi menjadi 2 faktor, yakni faktor pemicu seperti karakteristik morfologi, geologi, penggunaan lahan, jenis tanah, kondisi iklim seperti curah hujan, serta faktor pendukung seperti kemampuan tanah untuk menyerap air (permeabilitas), komposisi tanah (tekstur), tingkat kelembapan tanah (bobot isi), kedalaman lapisan tanah organik (kedalaman solum) dan mineral, serta tipe batuan permukaan (Wagesho, 2016). Risiko bencana longsor yang semakin meningkat juga disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali, yang terjadi akibat pertumbuhan populasi yang cepat. Hal ini memerlukan pengembangan lahan untuk keperluan pemukiman, ekonomi, dan infrastruktur dengan menggunakan pengamatan penentuan bahaya longsor menggunakan aplikasi sistem informasi geografi (SIG) (Naryanto et al., 2019).

Sistem informasi geografi (SIG) merupakan sistem informasi yang sangat perlu dilakukan dalam pemetaan lahan yang sangat akurat pada keadaan sesungguhnya sehingga digunakan untuk memperoleh referensi data geospasial atau geografis dengan cara memasukkan, mengolah, memanggil kembali, dan menyimpan data tersebut; sehingga dalam menggunakan sistem informasi geografi dapat membuat sesuatu keputusan terhadap hal pengelolaan dan perencanaan berdasarkan sumber daya secara sistematis terutama pada lingkungan sekitar, pengelolaan lahan pertanian, fasilitas kota, transportasi, dan pelayanan umum (Wibowo et al, 2015). Keunggulan penggunaan SIG untuk pemetaan wilayah longsor adalah salah satu aplikasi yang dapat digunakan dalam pemetaan lahan sesuai dengan keadaan aslinya sehingga dapat dilakukan untuk pemetaan wilayah longsor pada suatu daerah. Penggunaan SIG dapat membantu dalam pengambilan keputusan dengan pengamatan pemetaan wilayah longsor.

Penentuan bahaya longsor dilakukan dengan menggunakan aplikasi SIG dapat dilakukan dengan pemetaan situasi berdasarkan data curah hujan, geologi, penggunaan lahan, jenis tanah, dan kelerengan. Penelitian terdahulu yang telah

dilakukan menggunakan skoring dan pembobotan dari beberapa parameter seperti curah hujan, kelerengan, penggunaan lahan, geologi, dan jenis tanah, tetapi hasil penelitian tersebut kurang akurat karena potensi longsor dapat terjadi melalui banyak aspek yang tidak terduga di area longsor tinggi (Dou et al., 2015). Meskipun penelitian dengan metode serupa sudah pernah dilakukan oleh peneliti lain, yang membedakan penelitian ini adalah jumlah sampel yang diambil untuk membuat peta sebaran semakin detail dengan melaksanakan tambahan analisis survei lapangan dengan pengambilan sampel tanah komposit dan utuh sebanyak 40 titik secara acak (*random sampling*) kemudian mengamati parameter permeabilitas tanah, tekstur tanah, bobot isi, kedalaman solum, dan kebatuan permukaan kemudian diinterpretasikan menggunakan ArcGIS 10.8 dengan metode interpolasi *inverse distance weighting* (IDW) sehingga kedepannya penelitian ini dapat menjadi acuan dampak longsor terhadap lahan pertanian.

Analisis survei lapangan dilakukan untuk menjadi data pendukung dampak potensi longsor pada lahan pertanian (Sukrizal et al., 2019). Kebaruan penelitian ini menggunakan beberapa faktor pendukung berupa survei lapangan dengan mengambil 40 titik sampel yang akan dianalisis berupa permeabilitas, bobot isi, kedalaman solum, batuan permukaan, dan tekstur tanah (Chen et al., 2020), sehingga penentuan bahan longsor akan menjadi lebih akurat dan juga mampu menyediakan informasi geospasial yang menampilkan gambar dari citra satelit. Melalui hal ini penentuan bahaya longsor dilakukan untuk upaya mencegah risiko terjadinya potensi bencana longsor sehingga dapat mengurangi dampak kerugian yang terjadi karena bencana longsor.

Studi ini memfokuskan pada pemetaan wilayah yang rentan terhadap longsor di lahan pertanian. Penggunaan teknologi pemetaan seperti citra satelit dan pemodelan geospasial dapat membantu mengidentifikasi wilayah-wilayah yang memiliki risiko tinggi. Penelitian ini dapat memeriksa penyebab fisik dan geologis dari longsor di wilayah pertanian. Ini mencakup penilaian jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan, vegetasi, dan tindakan manusia yang mungkin memicu longsor. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Chen et al. (2020) yang mengatakan bahwa penelitian potensi longsor memerlukan beberapa aspek untuk dapat dianalisis yaitu curah hujan, geologi, kelerengan, penggunaan lahan, dan jenis tanah maka potensi longsor dapat terlihat dengan cara skoring dan pembobotan melalui geospasial. Penelitian ini dilakukan juga sebagai upaya konservasi tanah dan pertimbangan praktek pertanian yang dapat mengurangi risiko longsor. Selain itu, dalam penelitian ini mengkaji pengaruh longsor terhadap lahan pertanian dari *database* penelitian lainnya yang telah dilaporkan seperti mengukur sejauh mana longsor mengakibatkan kehilangan lahan pertanian yang mungkin tidak dapat dipulihkan, pengaruh material longsor terhadap kualitas air di sekitar lahan pertanian terutama jika terjadi pencemaran atau sedimentasi, serta dampak longsor terhadap ketersediaan air untuk irigasi pertanian. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan strategi mitigasi yang efektif, seperti teknik perlindungan tanah, penggunaan vegetasi penahan, atau sistem peringatan dini. Hal ini sesuai dengan teori Javadinejad et al. (2020) yang menyebutkan bahwa potensi longsor terhadap lahan pertanian dapat mengakibatkan banyak kerugian sehingga perlu dilakukan analisis untuk mengetahui daerah potensi longsor untuk mengurangi kehilangan lahan pertanian, penurunan kualitas air di sekitar lahan pertanian, dan ketersediaan air untuk irigasi pertanian.

Hasil dalam studi ini berupa peta kerawanan longsor berdasarkan pembobotan dan penilaian melalui peta curah hujan, penggunaan lahan, geologi, kelerengan, dan jenis tanah. Kemudian untuk mendukung terjadinya kerawanan longsor pada lahan pertanian penelitian ini memiliki hasil data permeabilitas tanah, tekstur tanah, bobot isi, kedalaman solum, dan kebatuan permukaan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui peta persebaran potensi longsor dan dampak potensi longsor pada bidang pertanian melalui faktor pemicu dan faktor pendukung yang berada di Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang.

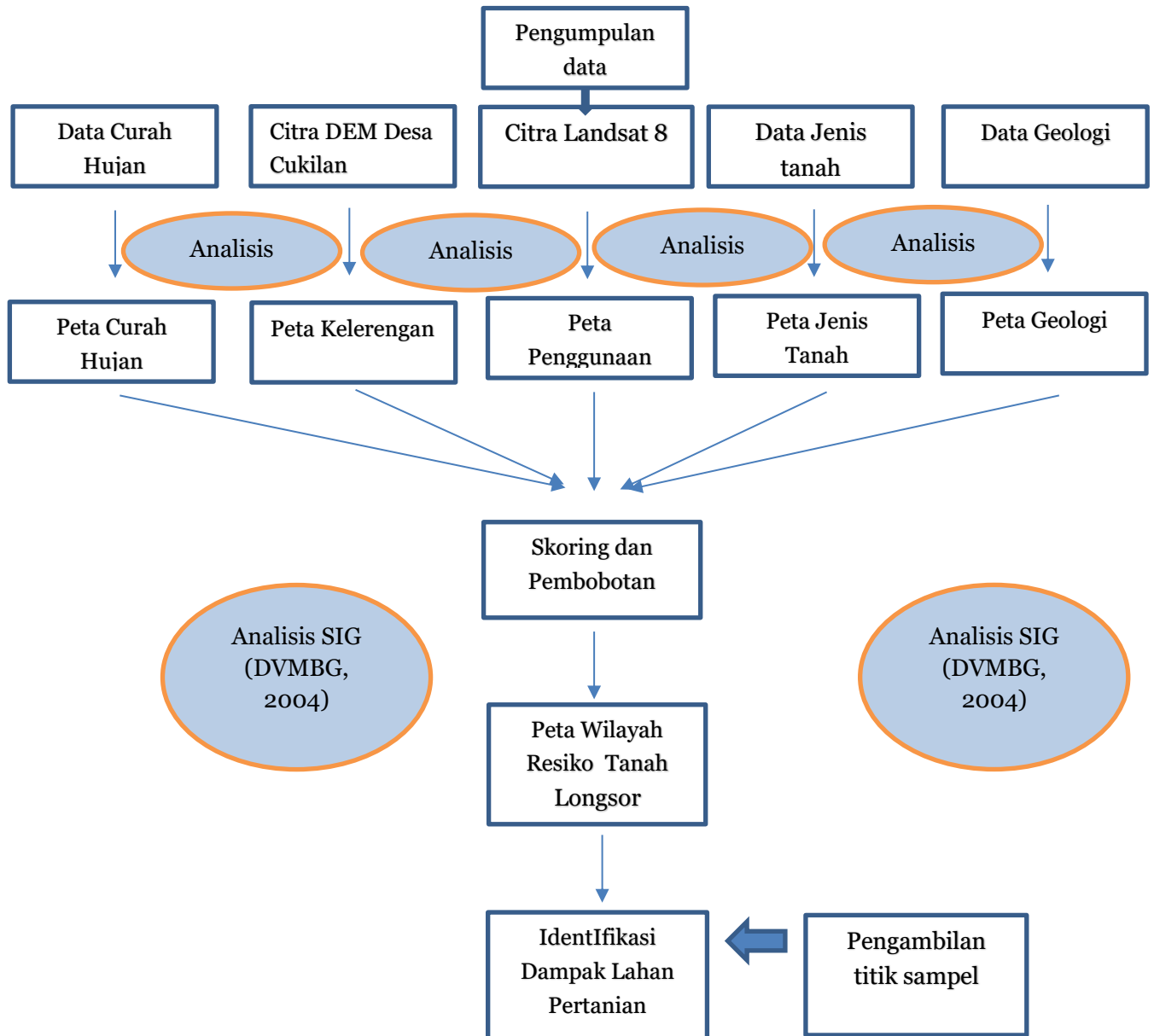
BAHAN & METODE

Bahan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan berupa sampel tanah utuh dan sampel tanah komposit yang diperoleh dari Desa Cukilan Kabupaten Semarang (Latitude 7° 20' 29.137" S dan Longitude 110° 35' 28.012" E). Sementara itu, untuk peta

administrasi, peta curah hujan, peta kelerengan, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan, dan peta geologi berasal dari United States Geological Survey (USGS). Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan calgon 40 g/l (Merck Millipore, USA). Microsoft Word & Excel (Microsoft Corporation, USA), serta ArcGIS 10.8 (Esri, USA) digunakan dalam pemrosesan data.

Metode



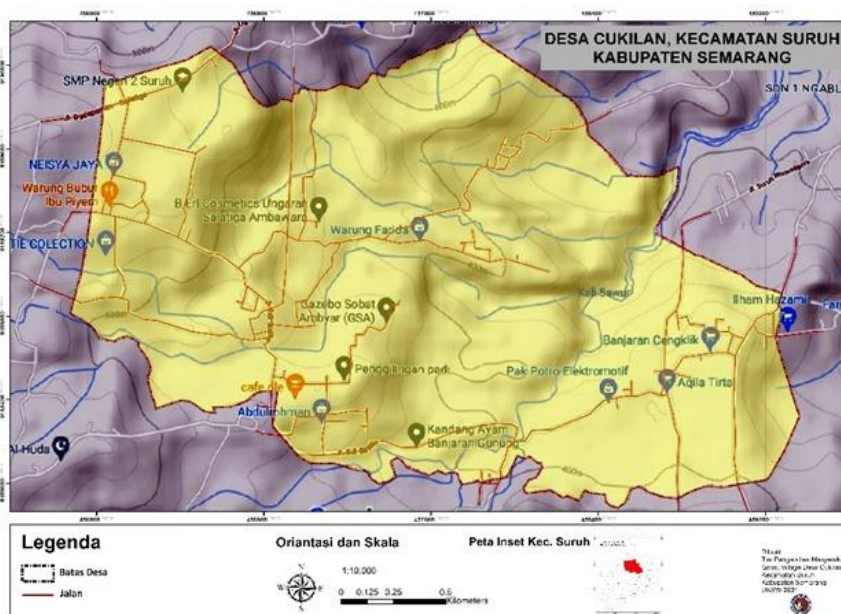
Waktu dan tempat penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana dan wilayah penelitian ini dilakukan di Desa Cukilan, Kabupaten Semarang yang memiliki luas wilayah sebesar 621.18 Ha. Rentang waktu penelitian ini dilakukan pada Mei sampai Juli 2023. Wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

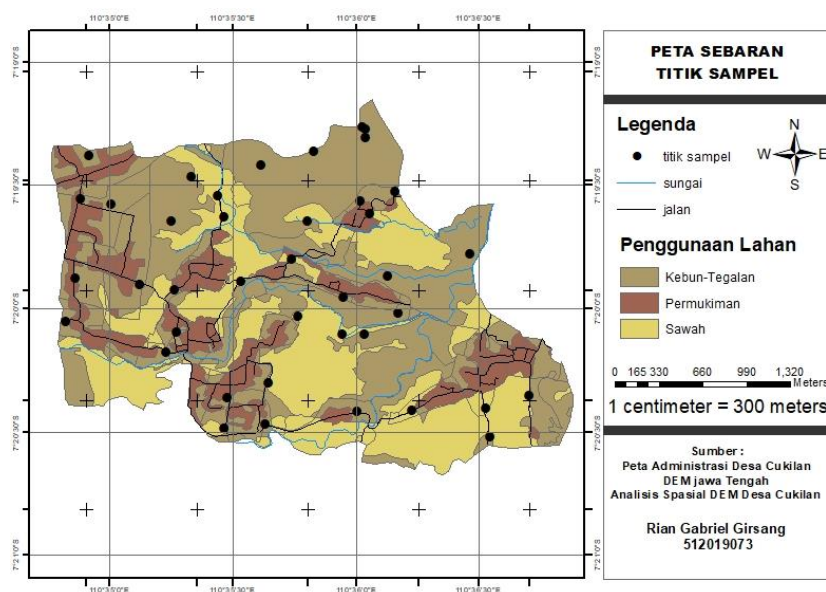
Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini dibutuhkan data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dari hasil survei lapangan. Survei lapangan dilakukan dengan cara pengambilan sampel tanah dengan metode *random sampling* atau sistem bebas pada tiap wilayah dengan tingkat survei semi detail sehingga memperoleh 40 titik sebaran sampel tanah.

Sampel tanah yang diperoleh perlu dilakukan analisis berupa parameter permeabilitas, tekstur tanah, bobot isi, kedalaman solum, dan kebatuan permukaan. Data sekunder didapatkan dari data *file* melalui dinas-dinas yang terkait. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra Landsat 8 Desa Cukilan, citra Digital Elevation Model (DEM) Desa Cukilan, data curah hujan, kelerengan, penggunaan lahan, geologi, dan jenis tanah Desa Cukilan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. sebaran Sampel

Analisis data

Data Primer

- Pengukuran permeabilitas dilakukan dengan metode penetapan derajat pelulusan air Hukum Darcy sesuai teori Ningtyas et al. (2020) yaitu klasifikasi permeabilitas.

$$\text{Permeabilitas } (K) = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{h} \times \frac{1}{a} \quad (1)$$

Tabel 1. Klasifikasi permeabilitas

No	Permeabilitas (cm/jam)	Kelas
1	< 0.125	Sangat Lambat
2	0.125 – 0.5	Lambat
3	0.5 – 2	Agak Lambat
4	2 – 6.25	Sedang
5	6.25 – 12.5	Agak Cepat
6	12.5 - 25	Cepat
7	>25	Sangat Cepat

- b. Pengukuran tekstur tanah dilakukan dengan cara metode Bouyoucos untuk menghitung nilai %pasir, %liat, dan %debu, sejalan metode yang dikembangkan oleh Isra et al. (2019)
- c. Bobot isi dilakukan untuk menghitung bobot tanah dan bobot isi juga diklasifikasi menjadi 2 kelas yaitu ringan dan berat metode ini sesuai dengan teori Marini et al. (2019).

$$\text{Bobot isi} = \frac{\text{Bobot Kering Mutlak}}{\text{Volume total}} \quad (2)$$

Tabel 2. Klasifikasi bobot isi

No	Bobot isi (g/ml)	Kelas
1	0.4 - 1.4	Ringan
2	1.4 - 1.9	Berat

- d. Perhitungan kedalaman solum dilakukan dengan cara mengukur kedalaman pelapukan batuan tanah sehingga klasifikasi kedalaman solum dapat dibedakan menjadi 4 kelas metode ini sesuai dengan teori Achmad et al. (2016), seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Kedalaman Solum

No	Kedalaman solum (cm)	Kelas
1	0 - 25	Sangat Dangkal
2	25 – 50	Dangkal
3	50 - 90	Agak Dalam
4	>90	Dalam

- e. Perhitungan kebatuan permukaan dilakukan dengan cara menandai luas pengambilan sampel sebesar 200 × 200 cm dan membagi menjadi 16 kotak kemudian dihitung persentase keberadaan batuan yang ada di sekitar pengambilan sampel. Metode ini sesuai dengan teori (Sobirin et al., 2017). Kebatuan permukaan diklasifikasikan menjadi 6 kelas, seperti yang terlihat di Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Kebatuan Permukaan

No	Kebatuan permukaan (%)	Kelas
1	0	Tidak Berbatu
2	<2	Sedikit Berbatu
3	2 – 10	Agak Berbatu
4	10 – 25	Cukup Berbatu
5	25 – 50	Sangat Berbatu
6	>50	Amat Sangat Berbatu

Data sekunder

Pemetaan wilayah longsor harus dilakukan dengan cara sesuai aturan pemetaan wilayah longsor. Pada penelitian ini pemetaan wilayah menggunakan model atau metode dari pendugaan wilayah longsor yang dibuat oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (DVMBG) (2004) dimana dalam hal ini dilakukan konsep penilaian skoring dan pembobotan. Pembobotan dan skoring dapat dilakukan pemetaan wilayah longsor yang mengacu pada disesuaikan dengan karakteristik daerah penelitiannya yaitu bobot = parameter kelerengan 15%, jenis geologi 20%, penggunaan lahan di beri bobot 15%, faktor curah hujan bobot 30%, sedangkan jenis tanah di beri bobot 20%. Skor = (30 % x faktor kelas curah hujan) + (20% x geologi) + (20 % x faktor kelas jenis tanah) + (15% x penggunaan lahan) + (15 % x faktor kelas lereng). Hasil akhir diklasifikasikan menggunakan analisis skor dengan pembagian menjadi empat kategori kerawanan longsor, yakni rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi berdasarkan skor akhir yang diperoleh. Semakin tinggi skor yang diperoleh, maka tingkat kerawanan juga semakin tinggi, dengan menetapkan rentang skor sebagai acuannya.

$$\text{Total skor} = \frac{\text{Skor Tinggi} - \text{Skor Rendah}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}} \quad (3)$$

Tabel 5. Parameter pembobotan dan skoring potensi longsor

Parameter	Besaran	Skor	Bobot
Kelerengan	<8%	1	15%
	8-15%	2	
	15-25%	3	
	25-40%	4	
	>40%	5	
Curah hujan tahunan (mm/tahun)	<1000	1	30%
	1000-2000	2	
	2000-2500	3	
	2500-3000	4	
	>3000	5	
Jenis tanah	Tidak peka	1	20%
	Agak peka	2	
	Kurang peka	3	
	Peka	4	
	Sangat peka	5	
Geologi	Bahan alluvial	1	20%
	Bahan vulkanik	2	
	Bahan sedimen 1	3	
	Bahan sedimen 2 vulkanik 2	4	
	Hutan atau vegetasi lebat dan badan air	1	
Penggunaan lahan	Kebun dan campuran semak belukar	2	15%
	Perkebunan dan sawah irigasi	3	
	Kawasan industri dan pemukiman	4	
	Lahan-lahan kosong	5	

HASIL & PEMBAHASAN

Potensi longsor adalah kemungkinan terjadinya pergerakan massa tanah atau batuan dari suatu lereng atau wilayah tertentu sehingga penilaian potensi longsor biasanya dilakukan dengan menganalisis faktor-faktor tersebut dan menghitung skor atau bobot untuk menentukan tingkat risiko atau potensi kejadian longsor pada suatu wilayah pertanian. Peristiwa faktor longsor yang terjadi pada bidang pertanian dapat dibedakan secara umum yaitu faktor pendukung dan faktor pemicu hal ini menjadi penyebab longsor (Ramadhani & Idajati, 2017). Faktor pendukung sebagai data primer dari

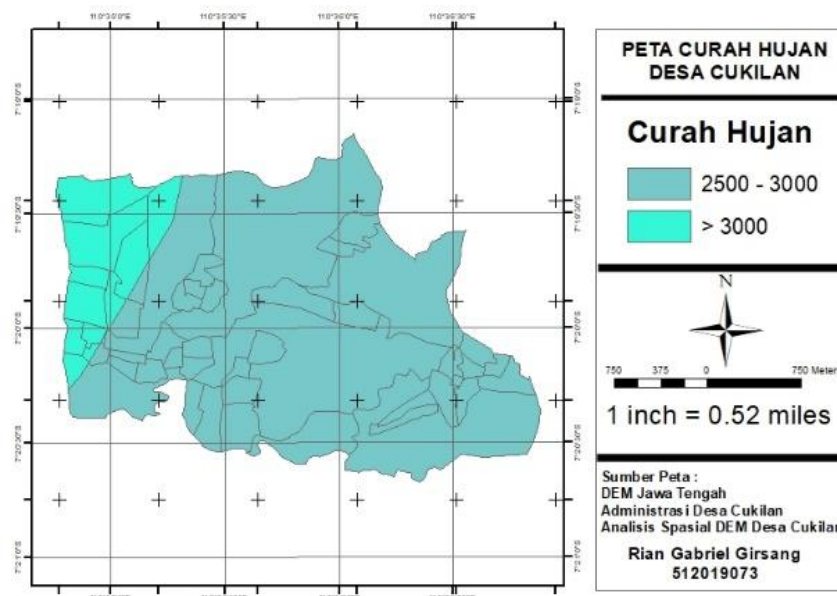
potensi longsor yaitu tingkat permeabilitas tanah, bobot isi tanah, kedalaman solum, kebatuan permukaan, dan tekstur tanah. Faktor pemicu sebagai data sekunder dari potensi longsor yaitu tingkat curah hujan, penggunaan lahan, jenis tanah, kelerengan, dan geologi.

Analisis longsor yang digunakan untuk mengetahui kelas potensi longsor di Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang adalah analisis data sekunder. Pendugaan potensi longsor yang dibuat oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi kemudian didukung oleh data primer. Tahapan pertama analisis ini mengklasifikasikan setiap data primer dan proses pembobotan dan skoring pada setiap variabel data sekunder untuk memberikan nilai besaran terhadap potensi longsor. Tahapan dari pembobotan dan skoring dilakukan pada setiap data curah hujan, kelerengan, penggunaan lahan, geologi dan jenis tanah. Setiap data dilakukan pembuatan peta untuk bisa di overlay dalam satu bentuk peta potensi longsor maka berikut adalah peta dari data faktor potensi longsor:

Faktor pemicu potensi longsor pada bidang pertanian

Curah hujan

Curah hujan adalah sumber utama air untuk irigasi alami. Ketersediaan atau kekurangan hujan dapat memengaruhi kemampuan petani untuk menyuplai air ke tanaman mereka namun tingginya curah hujan akan mengakibatkan potensi longsor. Berikut peta sebaran curah hujan yang diperoleh dari pengolahan menggunakan ArcGIS.



Gambar 3. Peta curah hujan

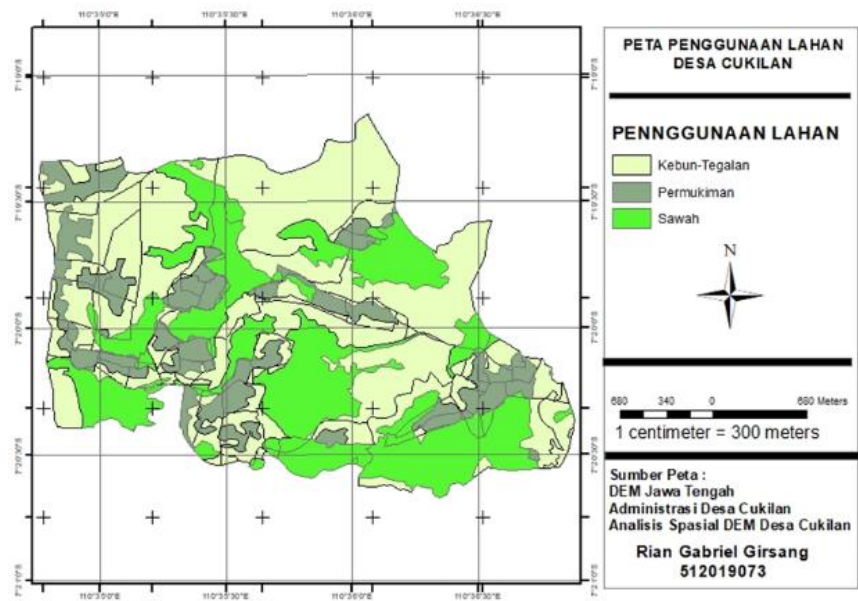
Tabel 6. Data curah hujan

No	Curah hujan tahunan (mm/tahun)	Luas wilayah (ha)	Persentase luas (%)
1	> 3000	92	13.22
2	2500 – 3000	610	86.88
	Total	702	100

Penggunaan lahan

Penggunaan lahan Penggunaan lahan menjadi faktor potensi penyebab longsor karena penggunaan lahan yang tidak tepat atau tidak bijak seperti pembangunan tanpa perencanaan tepat dan penebangan hutan dapat merusak stabilitas tanah dan menyebabkan perubahan dalam tata guna lahan alami seperti hilangnya tutupan vegetasi. Penghapusan tutupan vegetasi alami dapat menghilangkan akar pohon dan tanaman yang menjaga tanah tetap stabil. Tanah yang tidak

memiliki tutupan vegetasi menjadi lebih rentan terhadap erosi dan longsor (Sungkar et al., 2014). Berikut peta dan tabel penggunaan lahan



Gambar 4. Peta penggunaan lahan

Tabel 7. Data penggunaan lahan

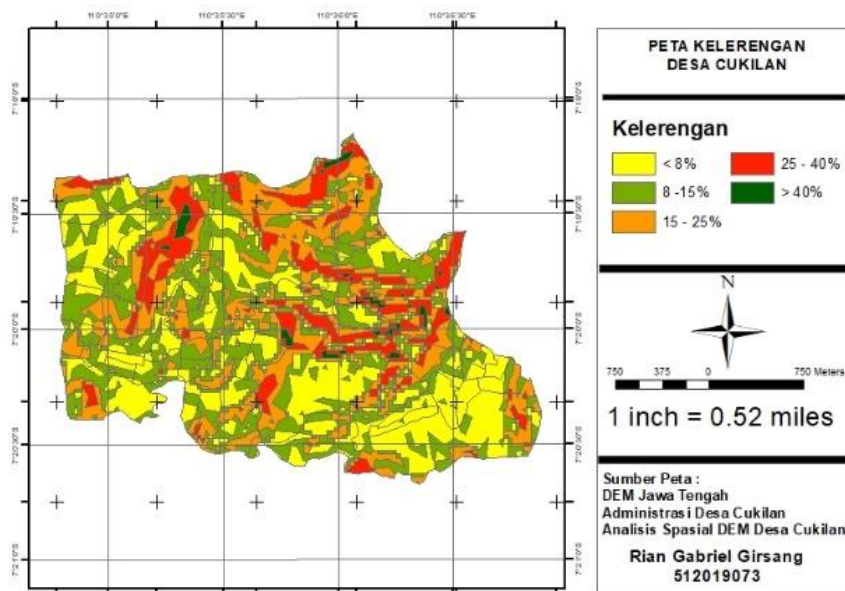
No	Penggunaan Lahan	Luas Wilayah (ha)	Persentase Luas (%)
1	Kebun-tegalan	351	50.00
2	Permukiman	114	16.24
3	Sawah	237	33.76
	Total	702	100

Kelerengan

Dampak kelerengan Lahan dengan kemiringan lereng yang curam, tekanan tanah menjadi lebih tinggi karena adanya gaya gravitasi yang bekerja ke bawah secara vertikal (Pangemanan & Turangan, 2014). Tekanan tanah yang tinggi dapat membuat lereng lebih rentan terhadap pergerakan massa tanah atau batuan maka akan meningkatkan potensi longsor. Kelerengan yang curam dapat mengakibatkan air hujan menjadi aliran *run off* yang mengalir dengan cepat ke bawah lereng. Air yang mengalir dengan cepat dapat menghanyutkan lapisan tanah dan membuatnya lebih mudah tererosi dan meningkatkan risiko longsor (Saputra et al., 2022). Peta sebaran kelerengan yang diperoleh dari pengolahan menggunakan ArcGIS (Gambar 5).

Tabel 8. Data kelerengan

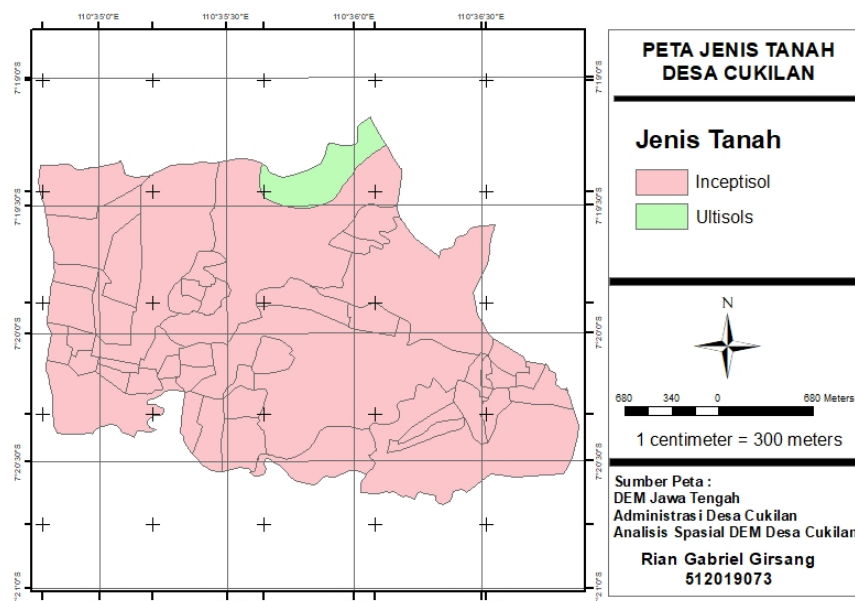
No	Kelas kelerengan	Klasifikasi kelerengan	Luas wilayah (ha)	Persentase luas (%)
1	< 8%	Sangat landai	215.41	30.68
2	8 -15%	Landai	220.08	31.35
3	15 - 25%	Agak curam	172.82	24.50
4	25 - 40%	Curam	85.89	12.10
5	> 40%	Sangat curam	8.54	1.21
	Total		702	100



Gambar 5. Peta kelerengan

Jenis tanah

Terdapat dua jenis tanah di Desa Sukilan, yaitu Inceptisol dan Ultisol (Gambar 6). Inceptisol adalah tanah relatif muda dan masih dalam proses perkembangan memiliki tekstur tanah yang seringkali berbutir kasar. Ini dapat membuat Inceptisol lebih stabil dalam hal pergerakan massa tanah (Priyono, 2015). Namun, potensi longsor tetap ada terutama jika tanah lempung atau silt yang lebih halus hadir dalam campuran. Inceptisol seringkali memiliki drainase yang baik karena tekstur tanah yang kasar, sehingga air dapat meresap dengan baik hal ini dapat membantu mengurangi risiko longsor karena tanah tidak jenuh dengan air (Haribulan et al., 2019). Ultisol adalah tanah yang cenderung memiliki lapisan keras atau lapisan berbatu di bagian bawah profil tanah karena memiliki kandungan liat yang tinggi di horison bawah tanah. Kandungan liat yang tinggi dapat menyebabkan tanah menjadi lengket dan rentan terhadap erosi dan longsor. Lapisan ini dapat berperan sebagai penghalang aliran air dalam tanah, dan air yang terperangkap di atas lapisan ini dapat meningkatkan risiko longsor (Soewandita, 2018).



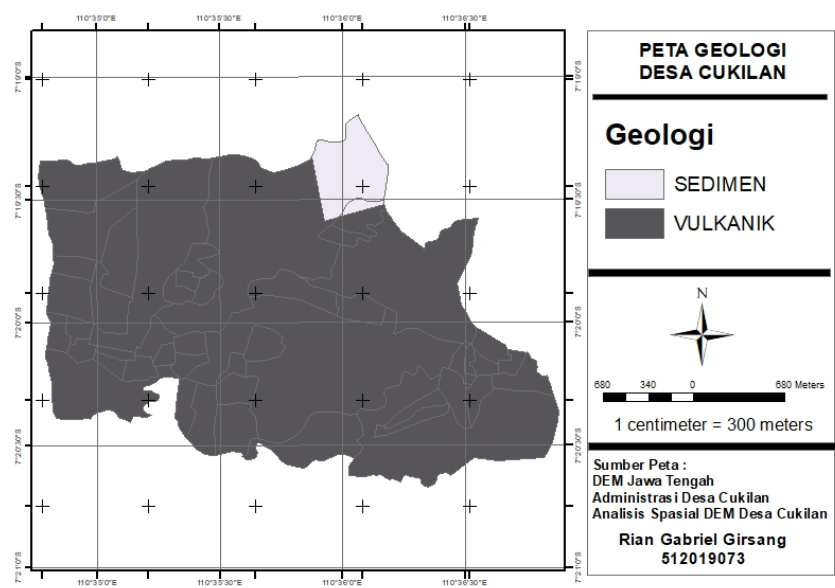
Gambar 6. Peta jenis tanah

Tabel 9. Data jenis tanah

No	Jenis tanah	Luas wilayah (ha)	Persentase luas (%)
1	Inceptisol	680	96.86
2	Ultisols	22	3.14
	Total	702	100

Geologi

Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki 2 klasifikasi geologi yaitu sedimen dan vulkanik (Gambar 7, Tabel 10). Batuan sedimen memiliki beragam tekstur, mulai dari batu pasir yang kasar hingga lempung halus. Batu pasir yang kasar cenderung lebih stabil dari pada lempung yang halus. Oleh karena itu, jenis batuan sedimen mempengaruhi kemampuan tanah untuk mendukung beban dan kohesi antar butiran, batuan sedimen kurang mampu mengatasi air, yang dapat meningkatkan risiko longsor saat jenuh air (Umar et al., 2019) dibandingkan batuan vulkanik mungkin memiliki tingkat kekuatan yang baik dan tahan terhadap degradasi, sementara yang lain mungkin lebih rentan terhadap erosi dan pergerakan massa tanah atau longsor (Widagdo et al., 2021).



Gambar 7. Peta geologi

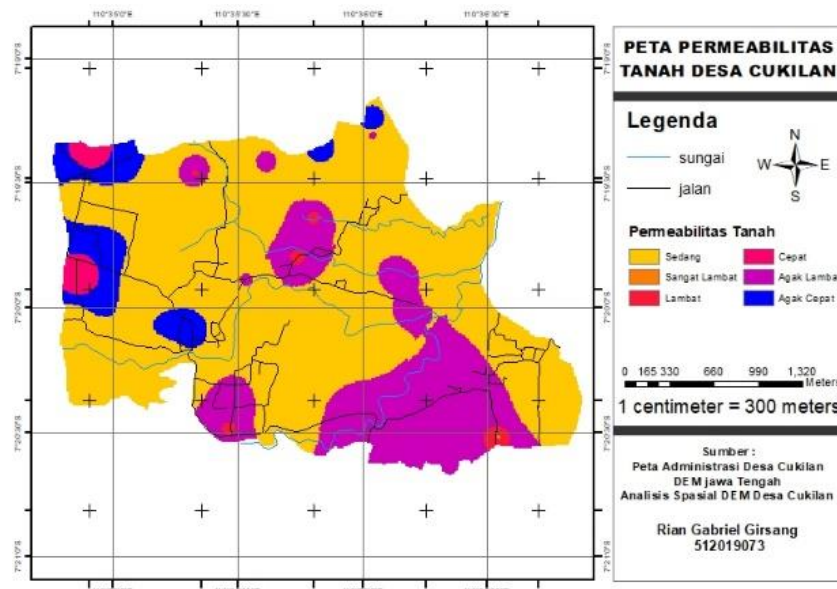
Tabel 10. Data geologi

No	Batuan geologi	Luas wilayah (ha)	Persentase luas (%)
1	Sedimen	29.61	4.21
2	Vulkanik	672.39	95.79
	Total	702	100

Faktor pendukung potensi longsor pada bidang pertanian

Permeabilitas tanah

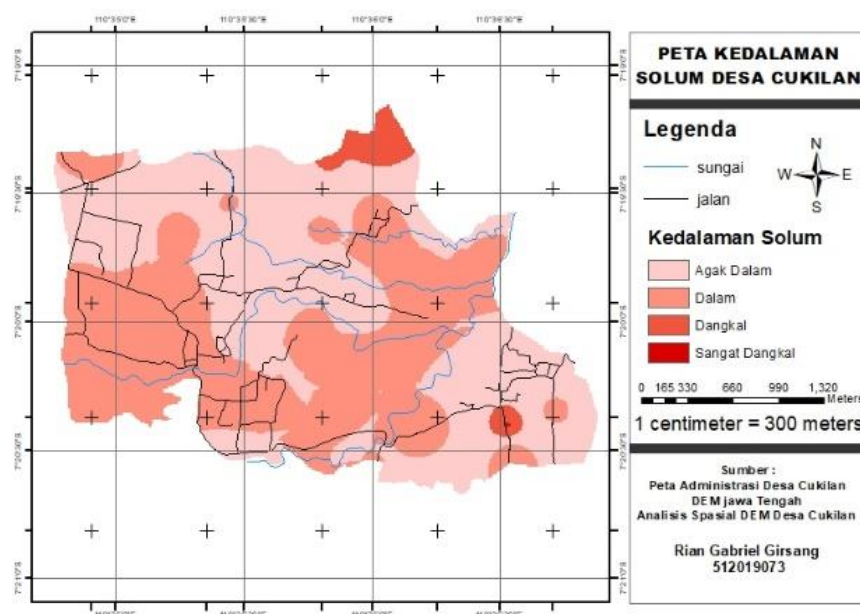
Potensi longsor memiliki permeabilitas tanah yang cepat karena tanah dengan permeabilitas tinggi cenderung lebih baik dalam menyerap air sehingga air dapat dengan mudah merembes melalui tanah dan mereduksi daya dukung ketahanan longsor. Ini berarti ketika hujan turun, tanah yang permeabel akan mampu menyerap air dengan cepat sehingga mengakibatkan potensi longsor sesuai dengan teori Ningtyas et al. (2020) bahwa permeabilitas tanah dapat menjadi pendukung potensi longsor. Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki 6 klasifikasi Permeabilitas yaitu sangat lambat, agak lambat, lambat, sedang, dan cepat. Klasifikasi tersebut diperoleh dengan cara Interpolasi IDW berdasarkan data pengukuran permeabilitas tanah di lapangan (Gambar 8).



Gambar 8. Peta permeabilitas

Kedalaman solum

Kedalaman solum sebagai data pendukung untuk peta potensi longsor. Semakin dalam solum maka semakin tinggi kemungkinan lereng akan stabil. Lapisan tanah yang lebih tebal dapat mendistribusikan beban dari struktur tanah di atasnya dengan lebih baik, mengurangi tekanan pada batuan dasar, dan dengan demikian mengurangi kemungkinan terjadinya longsor (Achmad et al., 2016). Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki 4 (empat) klasifikasi permeabilitas yaitu agak dalam, dalam, dangkal, dan sangat dangkal. Klasifikasi tersebut diperoleh dengan cara Interpolasi IDW dari hasil pengukuran di lapangan. Berikut peta sebaran kedalaman solum yang diperoleh dari pengolahan menggunakan ArcGIS (Gambar 9).

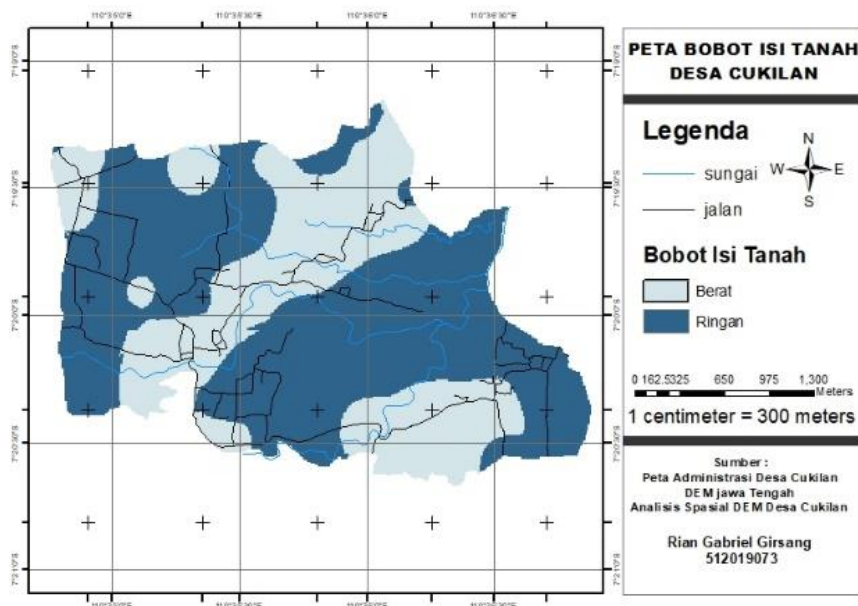


Gambar 9. Peta Kedalaman Solum

Bobot isi tanah

Bobot isi sebagai data pendukung untuk peta potensi longsor karena ketika kadar air dalam tanah meningkat, berat total tanah juga meningkat. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan tanah di lereng, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko longsor. Tanah yang jenuh air atau dengan kadar air tinggi cenderung lebih berat dan kurang stabil akan mengakibatkan potensi longsor (Marini et al., 2019). Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki

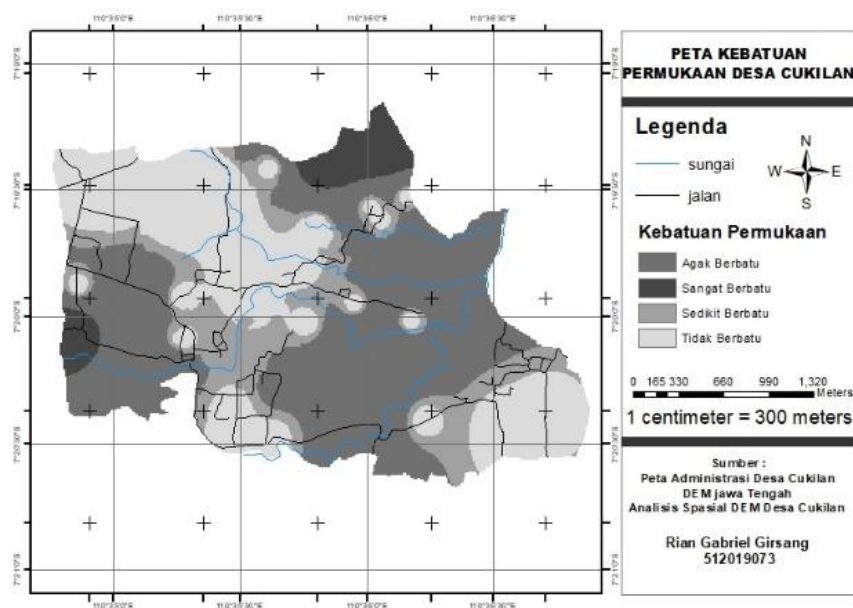
2 klasifikasi bobot isi yaitu ringan dan berat. Klasifikasi tersebut diperoleh dengan cara Interpolasi IDW karena hasil kedalaman solum sesuai dengan kondisi di lapangan. Peta sebaran bobot isi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta bobot isi

Kebatuan permukaan

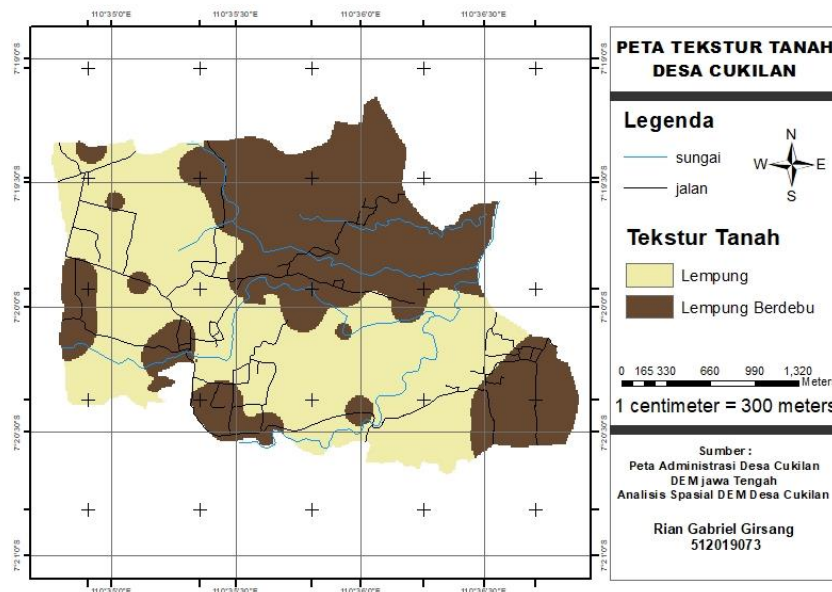
Kebatuan Permukaan sebagai data pendukung untuk peta potensi longsor batuan permukaan juga memengaruhi drainase di daerah tersebut. Batuan yang tidak permeabel (tidak memungkinkan air meresap) dapat menyebabkan air hujan menumpuk di permukaan, yang dapat meningkatkan risiko longsor. Sebaliknya, batuan yang lebih permeabel dapat membantu air meresap ke dalam tanah dengan lebih baik (Sobirin et al., 2017). Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki 2 klasifikasi kebatuan permukaan yaitu tidak berbatu, sedikit berbatu, agak berbatu, sangat berbatu. Klasifikasi tersebut diperoleh dengan cara Interpolasi IDW karena hasil kedalaman solum sesuai dengan kondisi di lapangan (Gambar 11).



Gambar 11. Peta kebatuan permukaan

Tekstur tanah

Tekstur tanah sebagai data pendukung untuk peta potensi longsor karena tekstur tanah memengaruhi kemampuan tanah untuk menyerap dan mengalirkan air. Tanah yang mengandung lebih banyak pasir cenderung memiliki drainase yang baik karena pasir memiliki pori-pori yang besar, memungkinkan air meresap dengan cepat. Di sisi lain, tanah yang mengandung lebih banyak lempung cenderung memiliki drainase yang buruk karena lempung memiliki pori-pori kecil yang memperlambat aliran air. Tanah dengan drainase yang buruk dapat meningkatkan risiko longsor karena air dapat menumpuk di permukaan dan merendam tanah, membuatnya lebih tidak stabil (Isra et al., 2019). Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki 2 klasifikasi kebatuan permukaan yaitu lempung dan lempung berdebu. Klasifikasi tersebut diperoleh dengan cara Interpolasi IDW karena hasil tekstur tanah sesuai dengan kondisi di lapangan. Berikut peta sebaran tekstur tanah yang diperoleh dari pengolahan menggunakan ArcGIS.



Gambar 12. Peta tekstur tanah

Potensi Longsor dan dampak terhadap bidang pertanian

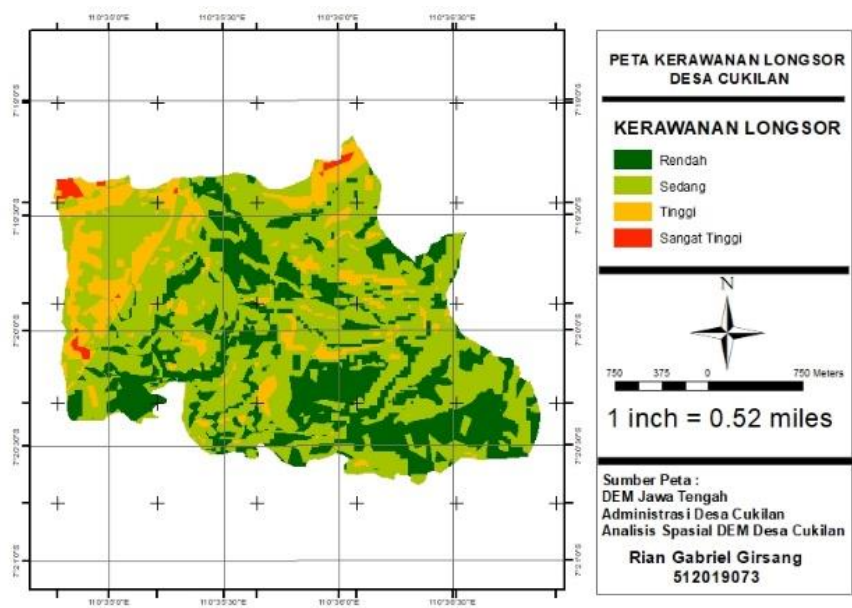
Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki 4 klasifikasi kerawanan longsor yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Klasifikasi kerawanan longsor sangat dipengaruhi curah hujan, jenis tanah, kelerengan, geologi, dan kelerengan namun untuk mendukung terjadinya potensi longsor sesuai di lapangan perlu beberapa data permeabilitas, tekstur tanah, kedalaman solum, kebatuan permukaan, dan bobot isi. Sebaran sampel yang dilakukan dan diamati sangat sesuai terhadap analisis pendugan potensi longsor sehingga dapat menjadi pendukung terjadinya longsor di daerah tersebut. Daerah yang memiliki potensi longsor perlu ditangani oleh pemerintah dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan untuk mengurangi risiko longsor yang disebabkan oleh faktor hidrologi seperti curah hujan tinggi atau penurunan muka air tanah dan pembangunan sistem pengendalian banjir, drainase yang baik, dan manajemen sungai untuk mengurangi tekanan hidrologi yang dapat menyebabkan longsor.

Dampak potensi longsor yang tinggi pada bidang pertanian terjadinya kerusakan Lahan Pertanian. Longsor dapat merusak atau menghancurkan lahan pertanian, mengakibatkan hilangnya tanaman dan infrastruktur pertanian seperti bangunan, saluran irigasi, dan alat pertanian. Kerusakan fisik ini dapat mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan bagi petani. Gangguan pada Sistem Irigasi, longsor dapat merusak sistem irigasi yang digunakan untuk menyuplai air ke lahan pertanian. Gangguan ini dapat menghambat kemampuan petani untuk mengairi tanaman mereka dengan baik, yang dapat mengurangi hasil pertanian. Kontaminasi Tanah dan Air Material longsor seringkali mengandung bahan kimia berbahaya atau limbah, yang dapat mencemari tanah dan sumber air yang digunakan dalam pertanian. Kontaminasi ini dapat merusak

kualitas tanah dan air, mengganggu pertumbuhan tanaman, dan mengancam kesehatan manusia dan hewan yang mengonsumsi hasil pertanian.

Pada peta daerah kerawanan longsor rendah memiliki dampak didukung beberapa faktor data primer yaitu memiliki tingkat permeabilitas tanah yang lambat, jenis tanah lempung berdebu (sedang), tidak berbatu, dan solum yang dalam sehingga potensi longsor yang terjadi dilapangan termasuk klasifikasi rendah hal ini sesuai dengan pernyataan Darmawan & Suprayogi (2015) bahwa, kelas longsor rendah disebabkan faktor tingkat permeabilitas tanah yang lambat (< 0.125), ($0.125 - 0.5$), ($0.5 - 2$), ($2 - 6.25$), jenis tanah lempung berdebu (sedang), tidak berbatu (0 dan $>2\%$), solum (>90) dan ($50 - 90$) sehingga potensi longsor yang terjadi dilapangan termasuk klasifikasi rendah.

Pada peta daerah kerawanan longsor sangat tinggi didukung beberapa faktor data primer yaitu memiliki tingkat permeabilitas tanah yang cepat, jenis tanah lempung berdebu (sedang), sangat berbatu, dan solum yang dangkal sehingga potensi longsor yang terjadi dilapangan termasuk klasifikasi sangat tinggi hal ini sesuai dengan pernyataan Ramadhani & Idajati (2017) bahwa, faktor penyebabnya kerawanan sangat tinggi yaitu kemiringan lereng yang curam ($25 - 40\%$), ($> 40\%$), jenis tanah Inceptisol, Ultisols dan batuan geologi vulkanik, hilangnya vegetasi alami, erosi, aktivitas manusia, dan gempa bumi dan kelas longsor tinggi juga disebabkan beberapa faktor yaitu memiliki tingkat permeabilitas tanah ($0.125 - 0.5$), ($0.5 - 2$), ($2 - 6.25$), ($6.25 - 12$), tekstur tanah lempung berdebu dan lempung (sedang), berbatu ($2 - 10$), ($25 - 50$), dan solum ($25 - 50$) yang dalam sehingga potensi longsor yang terjadi dilapangan termasuk klasifikasi tinggi. Gambar 13 menunjukkan peta sebaran kerawanan longsor yang diperoleh dari pengolahan menggunakan ArcGIS dan keadaan lapangan dengan kondisi kerawanan longsor sangat tinggi dan tinggi. Gambar 14 menunjukkan kondisi lapangan di lokasi penelitian yang masing-masing dikategorikan kerawanan longsor sangat tinggi dan longsor tinggi.



Gambar 13. Peta kerawanan longsor

Tabel 11. Kerawanan longsor

Kelas longsor	Luas lahan (ha)	Potensi longsor (%)
Rendah	207	29.48
Sedang	397	56.55
Tinggi	93	13.24
Sangat Tinggi	5	0.71
Total	702	100



Gambar 14. Lokasi Lapangan Kerawan Longsor (a) sangat tinggi dan (b) tinggi

Lahan pertanian di Desa Cukilan yang terdapat potensi longsor menghadapi berbagai ancaman dan tantangan yang dapat mempengaruhi produktivitas pertanian serta keberlanjutannya. Berikut beberapa di antaranya:

1. **Kehilangan Tanah Subur:** Longsor dapat mengakibatkan erosi tanah yang signifikan, sehingga menghilangkan lapisan tanah subur yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini dapat mengurangi produktivitas lahan pertanian dan menyebabkan kerugian ekonomi bagi petani.
2. **Kerusakan Infrastruktur Pertanian:** Longsor dapat merusak infrastruktur pertanian seperti irigasi, saluran air, atau jalan akses menuju ke lahan pertanian. Kerusakan ini dapat mengganggu operasional pertanian, menghambat distribusi hasil panen, dan memperburuk kondisi ekonomi petani.
3. **Hilangnya Sumber Air:** Longsor dapat memblokir aliran sungai atau merusak sistem irigasi, yang mengakibatkan kekurangan air untuk pertanian. Ini dapat mengganggu pola tanam dan menyebabkan kekeringan pada lahan pertanian, yang berdampak negatif pada produksi tanaman.
4. **Rusaknya Tanaman dan Kehilangan Tanaman:** Longsor dapat langsung merusak tanaman yang ada di lahan pertanian, baik itu tanaman dewasa maupun tanaman yang sedang tumbuh. Selain itu, material longsor seperti bebatuan atau lumpur bisa menutupi lahan pertanian, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman baru.
5. **Ancaman Keselamatan Petani:** Longsor dapat mengancam keselamatan petani yang bekerja di lahan pertanian. Petani yang terjebak dalam longsor atau terluka akibatnya dapat mengalami risiko cedera serius atau bahkan kematian.

Tantangan utama dalam menghadapi potensi longsor di lahan pertanian meliputi:

- **Pengelolaan Risiko:** Petani perlu mengadopsi praktik-praktik pengelolaan risiko yang tepat, seperti pemilihan varietas tanaman yang tahan terhadap erosi, pembangunan struktur penahan tanah, dan sistem drainase yang baik.
- **Pemantauan dan Peringatan Dini:** Sistem pemantauan dan peringatan dini longsor yang efektif sangat penting untuk memberi waktu bagi petani untuk mengambil tindakan pencegahan atau evakuasi.
- **Edukasi dan Pelatihan:** Petani perlu diberikan edukasi tentang tanda-tanda peringatan longsor, teknik-teknik mitigasi risiko, dan tindakan darurat yang harus diambil dalam situasi darurat.
- **Kerja Sama antara Pemerintah dan Petani:** Kerja sama antara pemerintah, petani, dan lembaga terkait lainnya sangat penting dalam menghadapi ancaman longsor di lahan pertanian, termasuk dalam penyusunan kebijakan, pengelolaan sumber daya alam, dan penanganan bencana.

Rekomendasi meminimalisasi terjadinya longsor melibatkan pengelolaan yang cermat terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi sebaran hasil penelitian. Berikut adalah beberapa rekomendasi yang dapat diambil berdasarkan faktor sebaran dari penelitian

- Memperbaiki permeabilitas tanah dengan teknik-teknik seperti pengenalan bahan organik ke dalam tanah, penerapan teknik konservasi tanah, dan pembangunan sistem drainase yang baik untuk mengurangi kemungkinan terjadinya genangan air yang dapat meningkatkan tekanan hidrostatik di dalam tanah
- Memilih tanaman penutup tanah yang dapat memperbaiki struktur tanah, memperkuat tanah, dan meningkatkan daya serap air.
- Menerapkan teknik rekayasa lereng seperti pembangunan dinding penahan atau terasering untuk mengurangi tekanan dan gerakan tanah pada lereng dengan batuan permukaan yang mudah longsor.
- Menerapkan sistem pengendalian erosi dan drainase yang efektif untuk mengurangi genangan air dan erosi tanah akibat curah hujan tinggi.
- Memilih pola penggunaan lahan yang sesuai dengan karakteristik topografi dan kestabilan lereng, seperti membatasi pembangunan di lereng curam atau menjaga vegetasi yang stabil di area rawan longsor.

KESIMPULAN

Desa Cukilan, Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang memiliki persebaran empat kelas potensi longsor yaitu kelas rendah (29,48%) dengan luas daerah 207 ha, kelas sedang (56,55%) dengan luas daerah 397 ha, kelas tinggi (13,24%) dengan luas daerah 93 ha, dan kelas sangat tinggi (0,71%) dengan luas daerah 5 ha. Hal yang perlu dalam penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut terkait pola dan karakteristik aliran air di lereng, termasuk analisis hidrologi untuk memahami peran air dalam potensi longsor. Melalui penelitian ini dapat menjadi kontribusi bagi penelitian lainnya untuk menganalisis potensi longsor pada tiap daerah dan kontribusi bagi para petani cukilan untuk mengetahui daerah yang memiliki potensi longsor dalam mengelolah lahan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., Suwarno, & Sarjanti, E. (2016). Hubungan sifat fisik tanah dengan kejadian longsor lahan di sub-das logawa Kabupaten Banyumas (relation of physical characteristic of soil with landslide in logawa sub-watershed, Banyumas). *Jurnal GeoEdukasi*, 5(1), 31–36. <https://media.neliti.com/media/publications/178031-ID-hubungan-sifat-fisik-tanah-dengan-kejadi.pdf>
- Bakri, S. (2019). Identifikasi dan analisis karakteristik longsor di Kabupaten Garut. *Jurnal Teknik Sipil*, 43(45), 16–19.
- Chen, S., Miao, Z., Wu, L., & He, Y. (2020). Application of an incomplete landslide inventory and one class classifier to earthquake-induced landslide susceptibility mapping. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 1649–1660. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2985088>
- Darmawan, & Suprayogi A. (2015). Jurnal geodesi undip januari 2015 jurnal geodesi undip januari 2015. *I Wayan Eka Swastikayana*, P42, 4(1), 42. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.13>
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2004). *Manajemen bencana tanah longsor*. Bandung (ID): DVMBG. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.14>
- Dou, J., Bui, D. T., Yunus, A. P., Jia, K., Song, X., Revhaug, I., Xia, H., & Zhu, Z. (2015). Optimization of causative factors for landslide susceptibility evaluation using remote sensing and GIS data in parts of Niigata, Japan. *PLoS ONE*, 10(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133262>
- Isra, N., Lias, S. A., & Ahmad, A. (2019). Karakteristik Ukuran butir dan mineral liat tanah pada kejadian longsor (studi kasus: sub das Jeneberang). *Jurnal Ecosolum*, 8(2), 62–69. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v8i2.7874>
- Javadinejad, S., Dara, R., & Jafary, F. (2020). Effect of precipitation characteristics on spatial and temporal variations of landslide in Kermanshah Province in Iran. *Journal of Geographical Research*, 2(4), 7–14. <https://doi.org/10.30564/jgr.v2i4.1818>

- Khafid, M. A., (2019). Analisis penentuan zonasi pemukiman risiko bencana tanah longsor berbasis sistem informasi geografis: studi kasus Kecamatan Gendangsari, Kabupaten Gunung Kidul, DIY. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 24(25), 30-32. <http://dx.doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.114>
- Lestari 2020. Kejadian bencana longsor kabupaten semarang. *Badan Pusat Statistik Semarang*, 1(2), 15-17.
- Marini, A. E., Anaperta, Y. M., & Tri, G. S. (2019). Analisis kestabilan lereng area highwall section B tambang batubara PT Manggala Usaha Manunggal jobsite PT Banjarsari Pribumi, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*, 4(4), 80-89. <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/viewFile/106883/102578>
- Naryanto, H. S., Soewandita, H. Ganesha, D., Prawiradisastra, 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*, 18(2), 14-19. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.272-282>
- Ningtyas, G. R., Priyantari, N., & Suprianto, A. (2020). Analisis data resistivitas dan uji permeabilitas tanah di daerah rawan longsor desa Kemuning lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Journal Online of Physics*, 6(1), 6-12. <https://doi.org/10.22437/jop.v6i1.10181>
- Pangemanan, S. L., & A.E Turangan, O. B. . S. (2014). Analisis kestabilan lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 22-28. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/3920>
- Ramadhani, N. I., & Idajati, H. (2017). Identifikasi tingkat bahaya bencana longsor, studi kasus: kawasan lereng gunung lawu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 87-90. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.22333>
- Saputra, R. T., Utami, S. R., & Agustina, C. (2022). Hubungan kemiringan lereng dan persentase batuan permukaan terhadap longsor berdasarkan hasil simulasi. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 339-346. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.14>
- Sobirin, Sitanala, F. T. R., & Ramadhan, M. (2017). Analisis potensi dan bahaya bencana longsor menggunakan modifikasi metode indeks storie di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. *Industri Research Workshop and National Seminar Politeknik Negeri Bandung*, 8(2), 59-64. <https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.699>
- Soewandita, H. (2018). Analisis kawasan rawan longsor dan keterkaitannya terhadap kualitas tanah dan penggunaan lahan (Kasus di Kawasan Agribisnis Juhut Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 2(1), 27. <https://doi.org/10.29122/alami.v2i1.2826>
- Sungkar, I. L., Sela, R. L. E., & Tondobala, L. (2014). *Pemanfaatan lahan berbasis mitigasi bencana longsor di kota manado*. 3(2003), 1-8 <https://doi.org/10.35793/sp.v4i2.17124>
- Sukrizal, S., Fatimah, E., & Nizamuddin, N. (2019). Analysis of landslide hazards area using geographic information system in Gayo Lues District. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 6(3), 193. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v6i3.807>
- Susilowati, S., & Sadad, I. (2015). Analisa karakteristik curah hujan di kota bandar lampung. *Jurnal Konstruksia*, 7(1), 13-26. <https://doi.org/10.24853/jk.7.1.%25p>
- Umar, H., Heriyanto, Syilvana, P. P., & Hutapea, F. (2019). Geologi dan analisis bahaya tanah longsor dengan metode analytical hierarchy process di Desa Tanah Datar Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur [Geology and Landslide Hazard Analysis Using Analytical Hierarchy Process]. *Jurnal Teknik Geologi: Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 2(1), 36-43.
- Wagesho, N. (2016). Analysis of rainfall variability and farmers perception towards it in agrarian community of southern Ethiopia. *Journal of Environment and Earth Science*, 6(8), 12-17. <https://core.ac.uk/download/pdf/234664567.pdf>
- Wibowo, M., Kanedi, I., & Jumadi, J. (2015). Sistem informasi geografi (sig) menentukan lokasi pertambangan batu bara di Provinsi Bengkulu berbasis website. *Jurnal Media Infotama*, 11(14), 51-60. <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmi/article/view/252/231>
- Widagdo, A., Iswahyudi, S., Setijadi, R., Permanajati, I., & Tilaksono, A. (2021). Kontrol struktur geologi terhadap gerakan tanah dan batuan pada batuan formasi halang di Daerah Sirau , Kecamatan Karang Moncol-Purbalingga Jawa Tengah. *Prosiding The 12th Seminar Industrial Research Workshop and National Bandung*, 0(4-5), 574-578.