

Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Tanah Longsor Sebagai Dasar Mitigasi di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali

Kurniawan Femas Palastha Putra^{1*}, Lukni Maulana Ihan¹, Ilham B. Mataburu¹

¹Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Pulo Gadung, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia, 13220

*Alamat email penulis koresponden: kurniawan.femas.palastha@mhs.unj.ac.id

Abstrak

Kecamatan Cepogo merupakan wilayah dengan topografi berbukit dan lereng curam yang berpotensi mengalami bencana tanah longsor. Penelitian ini melihat tingkat risiko tanah longsor di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, sebagai dasar untuk mengurangi bencana. Dengan menggunakan analisis spasial dan menilai beberapa faktor fisik seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, geologi, dan penggunaan lahan, ditemukan bahwa 35% wilayah berisiko tinggi, 40% sedang, dan 25% rendah. Bagian selatan, khususnya Desa Wonodoyo, paling rawan karena lerengnya yang curam ($>25^\circ$) dan curah hujan yang tinggi. Hasil ini dipetakan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga memberikan gambaran lengkap tentang daerah rawan. Untuk mengurangi risiko, disarankan membuat drainase, terasering, reboisasi, sistem peringatan dini, serta memberikan edukasi dan pelatihan bagi masyarakat. Penanaman tanaman dengan akar kuat seperti vetiver dan kebijakan tata ruang yang memperhatikan zona rawan juga penting. Penelitian ini menekankan pentingnya kerja sama antara aspek teknis, lingkungan, sosial, dan kelembagaan untuk mengurangi risiko tanah longsor secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Tanah longsor, Kerawanan, Mitigasi, Cepogo, Boyolali

Abstract

Cepogo District is an area with hilly topography and steep slopes, making it prone to landslides. This research examines the level of landslide risk in Cepogo District, Boyolali Regency, as a basis for disaster mitigation. By using spatial analysis and assessing several physical factors such as slope, soil type, rainfall, geology, and land use, it was found that 35% of the area is at high risk, 40% at moderate risk, and 25% at low risk. The southern part, especially Wonodoyo Village, is the most vulnerable due to its steep slopes ($>25^\circ$) and high rainfall. These results were mapped using a Geographic Information System (GIS), providing a comprehensive overview of the susceptible areas. To reduce risk, it is recommended to implement drainage, terracing, re-forestation, early warning systems, as well as provide education and training for the community. Planting strong-rooted plants like vetiver and land-use policies that consider vulnerable zones are also important. This research emphasizes the importance of collaboration among technical, environmental, social, and institutional aspects for sustainable landslide risk reduction.

Keywords: Landslide, Vulnerability, Mitigation, Cepogo, Boyolali

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang rentan terhadap berbagai bencana alam, salah satunya tanah longsor. Hal ini disebabkan oleh kondisi geografis dan geologi Indonesia yang terletak di wilayah cincin api Pasifik, serta topografi yang didominasi oleh pegunungan dan lereng yang curam. Tanah longsor sering terjadi dan menyebabkan kerugian besar, baik dari segi materi maupun korban jiwa.

Kabupaten Boyolali, khususnya Kecamatan Cepogo, adalah wilayah yang sangat rentan terhadap tanah longsor karena posisinya di lereng Gunung Merapi dan Merbabu dengan morfologi yang beragam, mulai dari daerah pegunungan di bagian barat, perbukitan di bagian utara dan selatan, hingga dataran rendah di bagian timur (Naufal et al, 2017).

Data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali menunjukkan bahwa pada tahun 2014, 2018, dan 2019 terjadi 13 kejadian tanah longsor di Kecamatan Cepogo. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki risiko bencana yang cukup tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kerawanan tanah longsor di kawasan ini meliputi kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, kondisi geologi, serta cara penggunaan lahan. (Aminudin et al., 2023) Selain itu, aktivitas manusia seperti perubahan tata guna lahan dan deforestasi juga turut meningkatkan risiko terjadinya longsor.

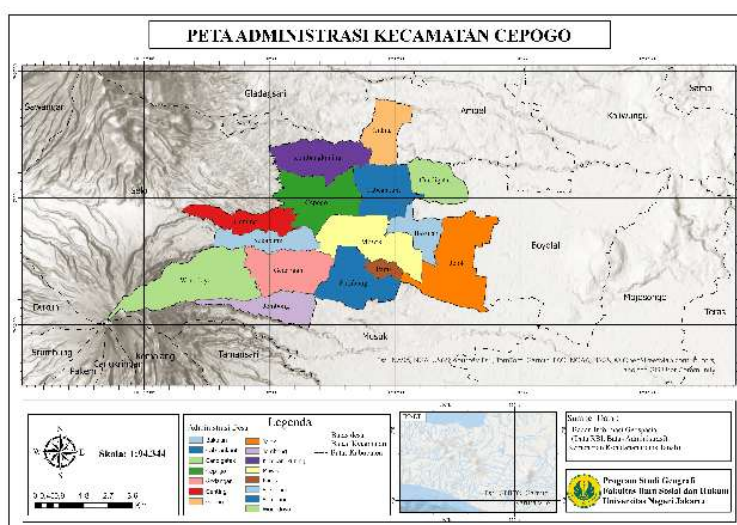
Beberapa penelitian sebelumnya telah menganalisis kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo dan sekitarnya dengan menggunakan metode seperti Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), serta pemetaan melalui Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasilnya menunjukkan bahwa daerah dengan lereng yang curam, curah hujan tinggi, dan penggunaan lahan yang kurang tepat memiliki tingkat kerawanan tanah longsor yang tinggi. Misalnya, Desa Genting dan Sukabumi di Kecamatan Cepogo termasuk dalam zona kerawanan tinggi. Penelitian lain yang memetakan jalur Solo-Selo-Borobudur di Kecamatan Cepogo juga menemukan bahwa sebagian besar wilayah berada dalam kategori kerawanan sedang hingga tinggi.

Meskipun beberapa studi telah dilakukan untuk menganalisis kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo, masih terdapat kebutuhan untuk memperbarui dan memperdalam analisis dengan mengintegrasikan parameter fisik dan antropogenik secara komprehensif. Beberapa penelitian sebelumnya cenderung fokus pada aspek fisik seperti kemiringan lereng dan jenis tanah, namun belum secara optimal mengkaji hubungan antara perubahan tata guna lahan dan aktivitas manusia dengan tingkat kerawanan tanah longsor (Aji et al., 2024).

Pemetaan kerawanan tanah longsor merupakan langkah penting dalam upaya mitigasi sebelum bencana terjadi. Pemetaan ini memberikan gambaran tentang sebaran dan tingkat kerawanan longsor di suatu wilayah, sehingga upaya pencegahan dan pengurangan dampak yang mungkin terjadi dapat dilakukan dengan lebih efektif (Irawan et al., 2020). Dalam hal ini, Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan sebagai teknologi yang efektif untuk pemetaan kerawanan bencana, termasuk tanah longsor. SIG membantu menganalisis dan memvisualisasikan data spasial terkait tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo, yang dapat menjadi dasar dalam merancang langkah-langkah mitigasi bencana secara preventif.

2. METODE

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Kecamatan Cepogo merupakan salah satu bagian dari 22 kecamatan di Kabupaten Boyolali. Kecamatan Cepogo terletak di 7°29'25" LS-7°30'45"LS dan 110°30'10"BT- 110°31'50" BT. Kecamatan ini berbatasan langsung dengan Kecamatan Gladagsari dan Ampel di sebelah utara, Kecamatan Boyolali di sebelah timur, Kecamatan Musuk di bagian Selatan, dan Kecamatan Selo di bagian barat. Kecamatan Cepogo menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali memiliki ketinggian rata-rata 909 meter di atas permukaan laut (mdpl). Kecamatan Cepogo secara umum merupakan daerah perbukitan bergelombang dengan relief halus hingga kasar, dengan ketinggian antara 400 hingga 1.400 mdpl.



Gambar 1. Peta Administrasi. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Kondisi geografis tersebut dipengaruhi karena Kecamatan Cepogo berada di sekitar lereng Gunung Merapi dan Gunung Merbabu sehingga Kecamatan Cepogo menjadi rawan bencana tanah longsor. Hal tersebut diperjelas oleh Irawan et al. (2020) dalam penelitian di wilayah Poncokusumo dan Wajak (Malang), yang berada di kawasan pegunungan di lereng Gunung Semeru dan Bromo dan menjelaskan bahwa wilayah bergunung secara konsisten menunjukkan kejadian longsor yang lebih tinggi dibanding wilayah datar. Potensi mengalami bencana tanah longsor juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, geologi dan curah hujan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 2004).

Pendekatan kuantitatif digunakan untuk dapat memberikan gambaran tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo dalam penelitian ini. Data penelitian yang berupa data sekunder seperti yang tercantum dalam Tabel 1 menjadi parameter utama dalam penentuan tingkat kerawanan tanah longsor.

Tabel 1. Sumber Data

Data	Sumber Data
Peta Kemiringan Lereng	Demnas BIG
Peta Curah Hujan	CHIRPS
Peta Penggunaan Lahan	RBI BIG
Peta Jenis Tanah	SHP Kab.Boyolali
Peta Geologi	GeoMap ESDM
Peta Batas Administrasi	BIG

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Data-data yang telah diperoleh dari berbagai sumber kemudian akan dianalisis menggunakan teknik skoring dan overlay. Setiap parameter akan diberikan skor dan dilakukan pembobotan sesuai yang tertera pada Tabel 2. Pemberian skor serta bobot pada setiap parameter tersebut mengacu pada model pendugaan tanah longsor Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) Bogor tahun 2004.

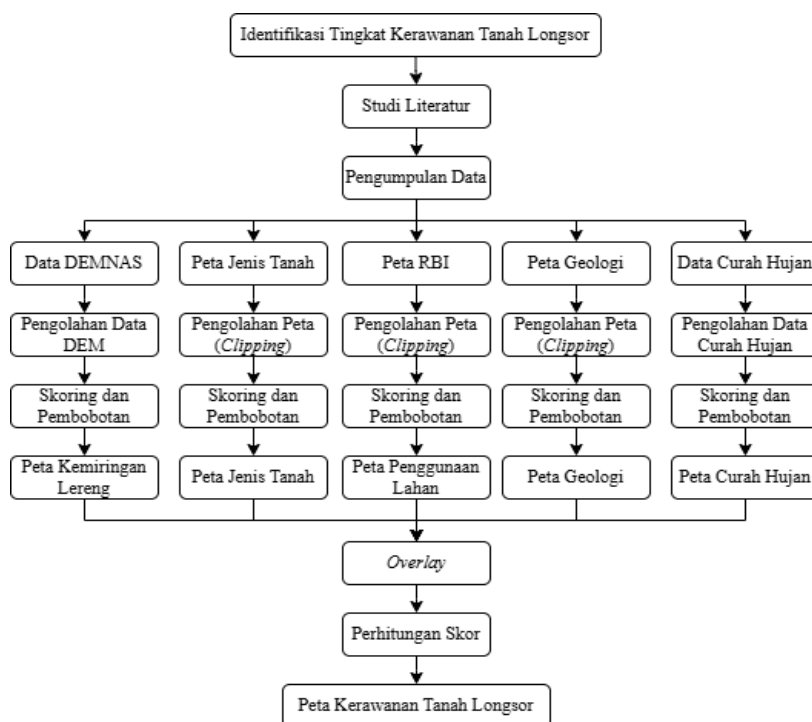
Tabel 2. Klasifikasi dan Skor			
Parameter	Klasifikasi	Nilai	Bobot
Jenis Tanah	Aluvial, Hidromorf, Laterit	1	10%
	Latosol	2	
	Mediteran	3	
	Andosol, Grumosol, Podsol, Podsolik	4	
	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	5	
Kemiringan Lereng (%)	0-8	1	20%
	>8-15	2	
	>15-25	3	
	>25-45	4	
	>45	5	
Penggunaan Lahan	Perairan, Tambak, Waduk	1	20%
	Permukiman/Kota	2	
	Perkebunan dan Hutan	3	
	Semak Belukar	4	
	Sawah, Tegalan	5	
Geologi	Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan	1	20%
	Endapan Gunungapi Merapi Tua	2	
	Endapan Longsor (Ladu) dari Awan Panas	3	
Curah Hujan (mm/tahun)	<1500	1	30%
	1501-2000	2	
	2001-2500	3	
	2501-3000	4	
	>3000	5	

Sumber: Modifikasi dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 2004

Setelah setiap parameter telah diberikan skor dan pembobotan sesuai acuan Puslittanak 2004 dengan modifikasi sesuai dengan kondisi lokasi penelitian, maka selanjutnya menentukan kalsifikasi kelas tingkat kerawanan tanah longsor dengan interval skor dibagi menjadi empat kelas (rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi) yang mengacu pada Puslittanak 2004 dengan penentuan interval skor sebagai berikut:

$$\frac{\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}} \quad (1)$$

Berikut merupakan diagram alir yang akan digunakan dalam penelitian yang bertujuan untuk menganalisis Tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo.

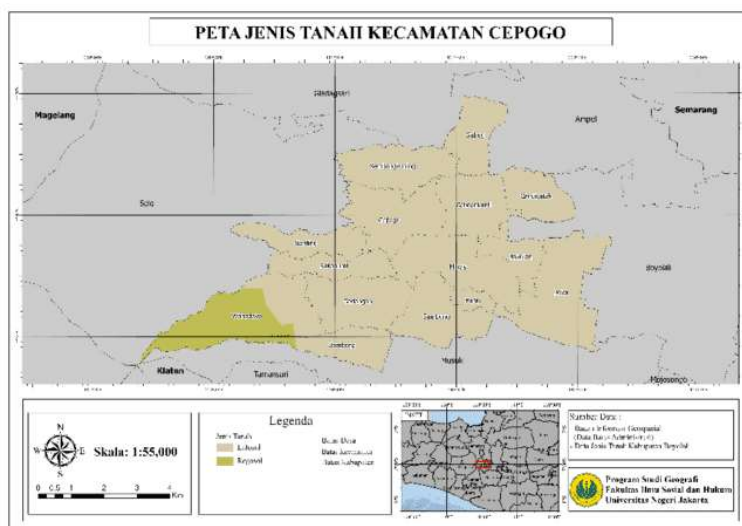


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL

A. Jenis Tanah



Gambar 3. Peta Jenis Tanah. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Jenis tanah yang terdapat di Kecamatan Cepogo berdasarkan peta jenis tanah yang tertera di Gambar 3 yaitu terdapat 2 jenis tanah, jenis tanah latosol dan jenis tanah regosol. Jenis tanah yang dominan di Kecamatan Cepogo berdasarkan Tabel 3 yaitu jenis tanah latosol dengan total luas 5.035 ha dan jenis tanah regosol hanya seluas 478 ha. Jenis tanah latosol berada di setiap

desa dan jenis tanah regosol hanya terdapat di dua desa, yaitu Desa Jombang dengan luas 32 ha dan Desa Wonodoyo memiliki luas jenis tanah regosol sebesar 446 ha.

Tabel 3. Tabel Luas Jenis Tanah

Desa	Luas Jenis Tanah (ha)	
	Latosol	Regosol
Bakulan	201	-
Cabeankunti	364	-
Candigatak	264	-
Cepogo	467	-
Gedangan	432	-
Genting	267	-
Gubug	283	-
Jelok	642	-
Jombang	249	32
Kembangkuning	397	-
Mliwis	501	-
Paras	70	-
Sukabumi	251	-
Sumbing	395	-
Wonodoyo	252	446
Total Keseluruhan	5035	478

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Berdasarkan klasifikasi yang telah dibuat pada Tabel 2, Kecamatan Cepogo memiliki jenis tanah di dua kelas yaitu jenis tanah latosol dengan skor 2 dan jenis tanah regosol yang memiliki skor tertinggi yaitu 5, hasil skor jenis tanah yang telah dilakukan perhitungan dengan bobotnya dapat dilihat di Tabel 4. Menurut penelitian Yassar et al. (2020) di Kabupaten Sumedang, dijelaskan bahwa tanah regosol termasuk dalam kategori tanah yang sangat peka terhadap erosi. Oleh karena itu, tanah regosol merupakan jenis tanah yang berpotensi memperbesar kemungkinan terjadinya bencana tanah longsor.

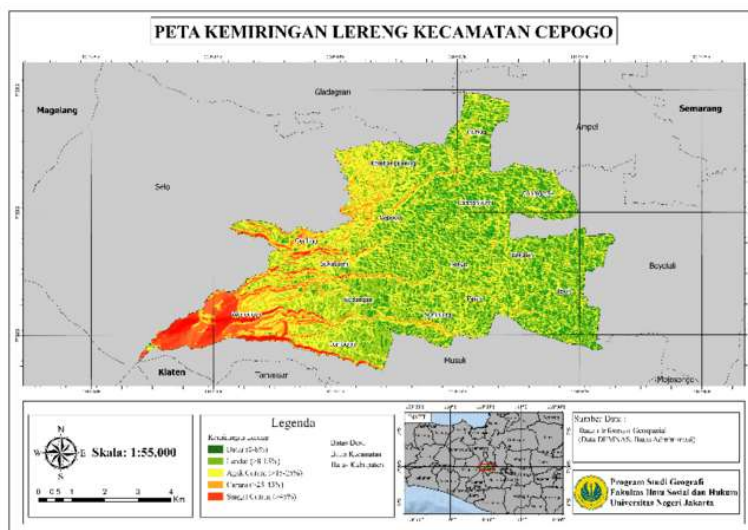
Tabel 4. Tabel Skor Jenis Tanah

Desa	Skor Jenis Tanah (%)	
	Latosol	Regosol
Bakulan	0,2	-

Cabeankunti	0,2	-
Candigatak	0,2	-
Cepogo	0,2	-
Gedangan	0,2	-
Genting	0,2	-
Gubug	0,2	-
Jelok	0,2	-
Jombong	0,2	0,5
Kembangkuning	0,2	-
Mliwis	0,2	-
Paras	0,2	-
Sukabumi	0,2	-
Sumbung	0,2	-
Wonodoyo	0,2	0,5

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

B. Kemiringan Lereng



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Berdasarkan Gambar 4 yaitu peta kemiringan lereng yang telah diperoleh, dapat diketahui bahwa kemiringan lereng di Kecamatan Cepogo bervariasi. Kemiringan lereng yang mendominasi di Kecamatan Cepogo yaitu kelas landai dengan kemiringan lereng dengan kategori >8-15%. Luas kemiringan lereng landai di Kecamatan Cepogo berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui yaitu seluas 2.027, 13 ha dan kemiringan lereng sangat curam seluas 405,42

ha. Desa Wonodoyo merupakan daerah yang memiliki kemiringan lereng sangat curam terbanyak dibandingkan desa-desa lainnya yaitu seluas 323,38 ha di wilayah Desa Wonodoyo masuk kategori sangat curam. Kategori kemiringan lereng dan luasnya di setiap desa yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel Luas Kemiringan Lereng

Desa	Luas Kemiringan Lereng (ha)				
	Datar (0-8%)	Landai (>8-15%)	Agak Curam (>15-25%)	Curam (>25-45%)	Sangat Curam (>45%)
Bakulan	57,78	89,90	48,74	4,84	0,21
Cabeankunti	129,12	158,32	69,65	6,45	0,06
Candigatak	92,91	117,71	49,66	3,99	-
Cepogo	91,31	158,56	146,95	68,80	1,61
Gedangan	60,61	204,76	114,06	44,70	7,43
Genting	14,66	55,45	89,90	83,37	23,39
Gubug	82,91	119,20	70,85	10,37	0,02
Jelok	227,92	286,12	116,06	12,22	-
Jombang	22,45	124,41	73,51	27,14	33,45
Kembangkuning	49,85	131,37	171,42	44,65	0,18
Mliwis	136,61	227,30	124,13	12,54	0,09
Paras	16,47	30,51	19,15	3,59	0,02
Sukabumi	25,00	85,39	77,21	49,43	14,38
Sumbung	91,35	175,23	102,00	25,16	1,21
Wonodoyo	6,68	62,89	134,86	169,42	323,38
Total Keseluruhan	1105,63	2027,13	1408,17	566,68	405,42

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Berdasarkan hasil skor yang telah dilakukan pembobotan di Kecamatan Cepogo dapat diketahui bahwa kemiringan lerengnya sangat bervariasi dari datar hingga sangat curam. Sangat curam merupakan klasifikasi yang memiliki skor pembobotan tertinggi yaitu sebesar 1,0%. Kemiringan lereng yang semakin curam akan memiliki potensi terbesar mengalami kejadian tanah longsor. Variasi kemiringan lereng memiliki dampak langsung terhadap distribusi dan sebaran zona rawan longsor di kawasan pemukiman (Firdaus & Yuliani, 2021). Menurut Putra et al. (2021) kemiringan lereng secara statistik terbukti berkorelasi kuat dengan indeks kerawanan longsor. Lereng curam dengan slope tinggi sering menjadi lokasi longsor berulang.

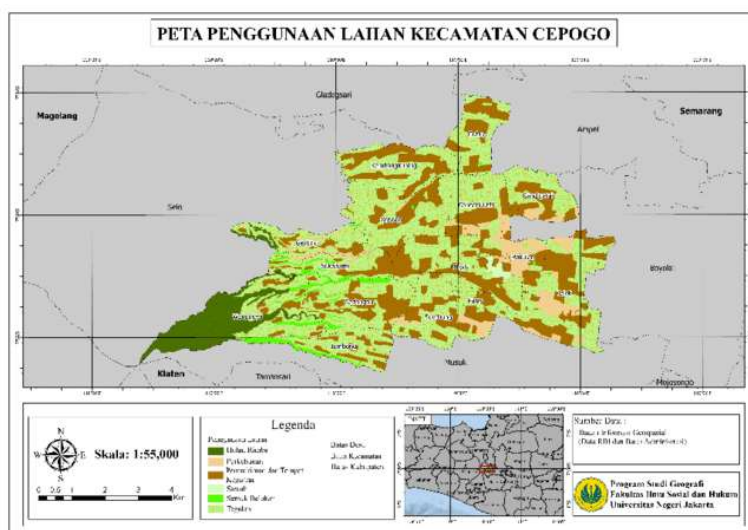
Tabel 6. Tabel Skor Kemiringan Lereng

Desa	Skor Kemiringan Lereng (%)				
	Datar (0-8%)	Landai (>8-15%)	Agak Curam (>15-25%)	Curam (>25-45%)	Sangat Curam (>45%)
Bakulan	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Cabeankunti	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Candigatak	0,2	0,4	0,6	0,8	-

Cepogo	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Gedangan	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Genting	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Gubug	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Jelok	0,2	0,4	0,6	0,8	-
Jombang	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Kembangkuning	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Mliwis	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Paras	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Sukabumi	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Sumbang	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Wonodoyo	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

C. Penggunaan Lahan



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Penggunaan lahan di Kecamatan Cepogo sangat beragam dan mencerminkan karakteristik geografis serta aktivitas ekonomi masyarakat setempat. Berdasarkan peta penggunaan lahan, wilayah ini didominasi oleh area pertanian, hutan, permukiman, serta lahan tegalan dan sawah. Setiap desa di Kecamatan Cepogo memiliki komposisi penggunaan lahan yang berbeda, tergantung pada kondisi topografi, ketersediaan sumber daya alam, dan kebutuhan masyarakat.

Dari tabel luas penggunaan lahan, terlihat bahwa Wonodoyo adalah desa dengan luas lahan terbesar, mencapai 370,43 hektar, yang didominasi oleh hutan, perkebunan, dan sawah. Desa Cepogo sendiri, sebagai pusat kecamatan, memiliki luas lahan sekitar 4,40 hektar untuk hutan, 145,68 hektar untuk perkebunan, dan 23,85 hektar untuk sawah, yang menunjukkan keseimbangan antara aktivitas pertanian dan permukiman. Desa lain seperti Sukabumi dan Gedangan juga memiliki komposisi lahan yang cukup beragam, meskipun dengan luasan yang lebih kecil.

Tabel 7. Tabel Luas Penggunaan Lahan

Desa	Luas Penggunaan Lahan (ha)					
	Hutan Rimba	Perkebunan	Permukiman dan Tempat Kegiatan	Sawah	Semak Belukar	Tegalan
Bakulan	-	96,98	60,73	0,08	0,91	42,76
Cabeankunti	-	38,97	113,83	-	-	210,81
Candigatak	-	28,24	86,75	-	-	149,28
Cepogo	-	4,69	143,64	-	2,85	316,06
Gedangan	-	4,50	154,50	-	40,62	231,94
Genting	22,54	37,45	43,68	-	0,04	163,06
Gubug	-	0,20	123,10	-	0,97	159,09
Jelok	-	105,07	234,77	-	0,97	301,52
Jombang	0,41	0,00	64,10	-	37,98	178,48
Kembangkuning	-	0,13	162,10	-	-	235,26
Mliwis	-	7,38	198,13	25,26	-	269,90
Paras	-	-	28,02	-	-	41,72
Sukabumi	5,74	7,86	64,59	-	29,31	143,90
Sumbung	-	43,95	128,54	-	-	222,46
Wonodoyo	370,73	4,59	51,55	-	29,66	240,70
Total Keseluruhan	399,42	380,00	1658,02	25,35	143,32	2906,92

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Tabel 8. Tabel Skor Penggunaan Lahan

Desa	Skor Penggunaan Lahan (%)					
	Hutan Rimba	Perkebunan	Permukiman dan Tempat Kegiatan	Sawah	Semak Belukar	Tegalan
Bakulan	-	0,6	0,4	1	0,8	1
Cabeankunti	-	0,6	0,4	-	-	1
Candigatak	-	0,6	0,4	-	-	1
Cepogo	-	0,6	0,4	-	0,8	1
Gedangan	-	0,6	0,4	-	0,8	1
Genting	0,6	0,6	0,4	-	0,8	1
Gubug	-	0,6	0,4	-	0,8	1
Jelok	-	0,6	0,4	-	0,8	1
Jombang	0,6	0,6	0,4	-	0,8	1
Kembangkuning	-	0,6	0,4	-	-	1
Mliwis	-	0,6	0,4	1	-	1
Paras	-	-	0,4	-	-	1
Sukabumi	0,6	0,6	0,4	-	0,8	1
Sumbung	-	0,6	0,4	-	-	1
Wonodoyo	0,6	0,6	0,4	-	0,8	1

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Skor penggunaan lahan yang ditampilkan pada tabel ketiga memberikan gambaran tentang intensitas pemanfaatan lahan di setiap desa. Skor ini didasarkan pada proporsi berbagai jenis penggunaan lahan, seperti hutan, perkebunan, permukiman, sawah, tegalan, dan belukar. Desa-desanya seperti Bakulan, Cabeankunti, dan Kembangkuning menunjukkan skor yang relatif tinggi pada kategori hutan dan perkebunan, yang menandakan dominasi aktivitas kehutanan dan pertanian. Sementara itu, desa-desa seperti Jombong dan Milwis memiliki skor penggunaan lahan yang lebih beragam, dengan kontribusi signifikan dari permukiman dan lahan sawah.

Secara keseluruhan, penggunaan lahan di Kecamatan Cepogo mencerminkan pola pemanfaatan ruang yang menyesuaikan dengan kondisi alam dan kebutuhan ekonomi masyarakat. Keberagaman penggunaan lahan ini menjadi potensi sekaligus tantangan dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan, agar tetap dapat mendukung kesejahteraan masyarakat tanpa mengabaikan aspek konservasi lingkungan. Data dan peta yang tersedia menjadi dasar penting dalam perencanaan tata ruang dan pengembangan wilayah ke depan.

D. Geologi



Gambar 6. Peta Geologi. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Wilayah yang ditampilkan pada peta dan tabel di atas menunjukkan kondisi geologi yang cukup beragam, dengan dominasi batuan dan endapan hasil aktivitas vulkanik. Berdasarkan peta geologi, sebagian besar wilayah (ditandai warna merah) merupakan daerah batuan gunungapi tua yang menyatu, sedangkan bagian barat daya (ditandai warna hijau) menunjukkan adanya endapan gunungapi muda serta kemungkinan endapan awan panas. Kondisi ini menggambarkan sejarah geologi yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik, terutama dari gunungapi di sekitar kawasan tersebut.

Tabel 9. Tabel Luas Geologi

Desa	Luas Geologi (ha)		
	Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan	Endapan Gunungapi Merapi Tua	Endapan Longsoran (Ladu) dari Awan Panas
Bakulan	201,47	-	-
Cabeankunti	363,60	-	-

Candigatak	264,27	-	-
Cepogo	467,24	-	-
Gedangan	431,55	-	-
Genting	266,77	-	-
Gubug	283,35	-	-
Jelok	642,33	-	-
Jombang	243,51	37,46	-
Kembangkuning	397,48	-	-
Mliwis	500,67	-	-
Paras	69,74	-	-
Sukabumi	251,40	-	-
Sumbung	394,96	-	-
Wonodoyo	226,56	469,93	0,73
Total Keseluruhan	5004,91	507,39	0,73

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Tabel luas geologi memperlihatkan bahwa desa-desa seperti Bakulan, Cabeankunti, Candidatiak, Cepogo, dan lainnya mayoritas berada di zona batuan gunungapi tua yang menyatu, dengan luas wilayah bervariasi antara sekitar 69 hingga 600 hektar. Hanya beberapa desa seperti Jombang dan Sumbung yang memiliki area dengan endapan longsor lahar atau awan panas, meskipun luasnya relatif kecil dibandingkan total wilayah desa. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah relatif stabil secara geologi, namun tetap ada potensi bahaya di beberapa area akibat endapan material vulkanik muda.

Tabel 10. Tabel Skor Geologi

Desa	Skor Geologi (%)		
	Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan	Endapan Gunungapi Merapi Tua	Endapan Longsor (Ladu) dari Awan Panas
Bakulan	0,2	-	-
Cabeankunti	0,2	-	-
Candigatak	0,2	-	-
Cepogo	0,2	-	-
Gedangan	0,2	-	-
Genting	0,2	-	-
Gubug	0,2	-	-
Jelok	0,2	-	-
Jombang	0,2	0,4	-
Kembangkuning	0,2	-	-
Mliwis	0,2	-	-
Paras	0,2	-	-
Sukabumi	0,2	-	-

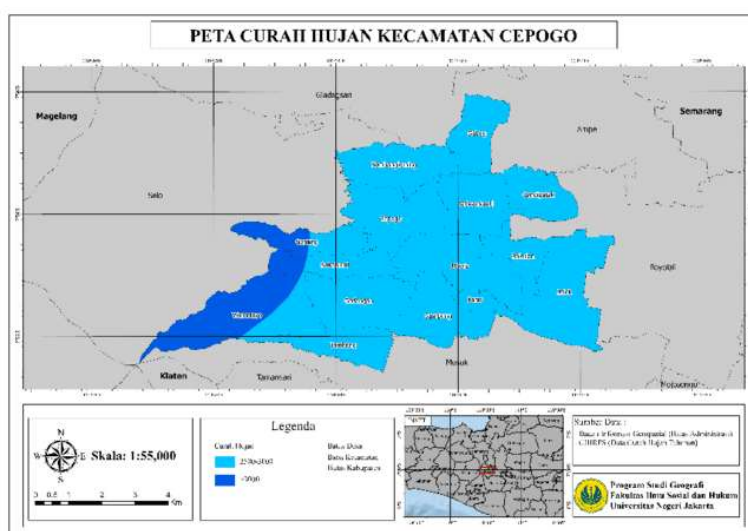
Sumbang	0,2	-	-
Wonodoyo	0,2	0,4	0,6

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Dari tabel skor geologi, hampir semua desa mendapat nilai 0,2 untuk kategori batuan gunungapi tua yang tidak terpisahkan. Skor sedikit lebih tinggi ditemukan di desa-desa dengan endapan longsoran lahar atau awan panas, seperti Jombang dan Sumbang, yang masing-masing mendapat tambahan skor di kategori ini. Nilai ini menunjukkan tingkat kerentanan geologi yang berbeda, di mana desa dengan endapan vulkanik aktif cenderung berisiko lebih tinggi terhadap bencana seperti longsor atau aliran awan panas.

Secara keseluruhan, analisis geologi ini sangat penting untuk perencanaan tata ruang, mitigasi bencana, dan pengelolaan sumber daya alam. Wilayah dengan batuan gunungapi tua umumnya lebih stabil dan cocok untuk permukiman atau pertanian, sementara daerah dengan endapan vulkanik muda perlu perhatian khusus dalam penataan ruang dan pengembangan wilayah agar risiko bencana bisa diminimalkan. Data ini memberikan gambaran lengkap tentang kondisi geologi yang harus menjadi pertimbangan utama dalam pembangunan berkelanjutan di kawasan tersebut.

E. Curah Hujan



Gambar 7. Peta Curah Hujan. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Peta tematik yang menunjukkan distribusi curah hujan dalam dua kategori: 2500–3000 mm dan >3000 mm per tahun. Warna pada peta menggambarkan intensitas curah hujan, dengan gradasi biru muda hingga biru tua yang menandakan curah hujan tinggi. Wilayah barat dan selatan peta dominan dalam kategori ini, menunjukkan curah hujan lebih tinggi dibanding daerah lain.

Tabel 11. Tabel Luas Curah Hujan

Desa	Luas Curah Hujan (ha)	
	2500-3000	>3000
Bakulan	201,47	-

Cabeankunti	363,60	-
Candigatak	264,27	-
Cepogo	467,24	-
Gedangan	431,55	-
Genting	132,47	134,29
Gubug	283,35	-
Jelok	642,33	-
Jombang	280,96	-
Kembangkuning	397,48	-
Mliwis	500,67	-
Paras	69,74	-
Sukabumi	186,82	64,59
Sumbung	394,96	-
Wonodoyo	210,82	486,40
Total Keseluruhan	4827,75	685,28

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Tabel Diatas menyajikan data luas lahan (dalam hektar) yang menerima curah hujan pada kedua rentang tersebut untuk tiap desa. Contohnya, Desa Wonodoyo memiliki area terluas di kategori >3000 mm, yaitu 486,40 ha, dan 210,82 ha di kategori 2500–3000 mm. Sementara itu, desa seperti Cepogo (467,24 ha), Gedangan (431,55 ha), dan Kembangkuning (397,48 ha) hanya tercatat di kategori 2500–3000 mm tanpa area >3000 mm. Desa Genting dan Sukabumi memiliki kombinasi kedua kategori, dengan masing-masing 132,47 ha dan 186,72 ha di kategori 2500–3000 mm, serta 134,29 ha dan 64,59 ha di kategori >3000 mm. Total luas wilayah yang mengalami curah hujan 2500–3000 mm adalah 4.827,75 ha, sedangkan >3000 mm mencapai 685,28 ha.

Tabel 12. Tabel Skor Curah Hujan

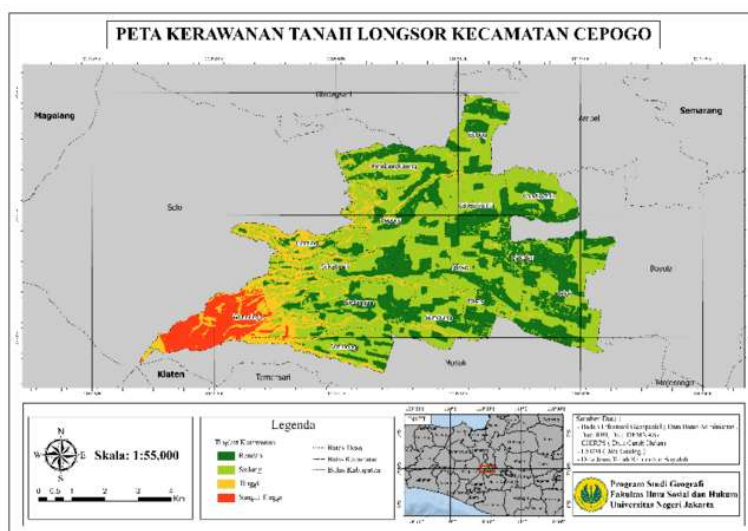
Desa	Skor Curah Hujan (%)	
	2500-3000	>3000
Bakulan	1,2	-
Cabeankunti	1,2	-
Candigatak	1,2	-
Cepogo	1,2	-

Gedangan	1,2	-
Genting	1,2	1,5
Gubug	1,2	-
Jelok	1,2	-
Jombang	1,2	-
Kembangkuning	1,2	-
Mliwis	1,2	-
Paras	1,2	-
Sukabumi	1,2	1,5
Sumbung	1,2	-
Wonodoyo	1,2	1,5

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Tabel Diatas menyajikan Skor Curah Hujan dalam persentase, yang digunakan sebagai bobot dalam analisis lanjutan seperti indeks agroklimat atau perencanaan penggunaan lahan. Mayoritas desa mendapatkan skor 1,2 untuk kategori 2500–3000 mm, sementara hanya beberapa desa seperti Genting, Sukabumi, dan Wonodoyo yang memperoleh skor 1,5 untuk kategori >3000 mm. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas curah hujan >3000 mm cukup jarang dan hanya terkonsentrasi di beberapa desa. Data ini menunjukkan bahwa terdapat curah hujan yang tinggi dan relatif merata, dengan beberapa desa yang berpotensi mengalami curah hujan berlebih.

F. Tingkat Kerawanan Tanah Longsor



Gambar 8. Peta Kerawanan Tanah Longsor. (Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025)

Peta Tematik diatas menunjukkan tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo. Pemetaan ini dibuat berdasarkan analisis spasial menggunakan metode pembobotan dari Puslitanak tahun 2004. Dalam analisis ini, digunakan pendekatan klasifikasi berdasarkan skor yang diperoleh dari penjumlahan nilai bobot beberapa faktor fisik lingkungan seperti kemiringan lereng, jenis tanah, penggunaan lahan, curah hujan, dan kondisi geologi. Skor tersebut kemudian dibagi menjadi empat tingkatan kerawanan: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

Berdasarkan hasil pembobotan yang mengacu pada Puslitanak 2004 diperoleh empat klasifikasi tingkat kerawanan tanah longsor dengan penentuan interval skor sebagai berikut:

$$\frac{\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}} \quad (2)$$

$$\frac{4,4 - 2,2}{4} = \frac{2,2}{4} = 0,6 \quad (3)$$

Hasil analisis skor total yang telah dilakukan perhitungan interval skor diatas diperoleh klasifikasi kelas tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Tabel Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor

Interval Skor (%)	Kelas Kerawanan
2,2-2,7	Rendah
2,8-3,3	Sedang
3,4-3,9	Tinggi
4-4,4	Sangat Tinggi

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Interval skor ditentukan dengan rumus klasifikasi interval menggunakan metode equal interval. Selisih antara skor tertinggi (4,4) dan terendah (2,2) dibagi dengan jumlah kelas, yaitu 4, sehingga didapat interval 0,6. Interval ini digunakan untuk membagi rentang skor menjadi empat kelas: kelas pertama (2,2–2,7) untuk kerawanan rendah, kelas kedua (2,8–3,3) untuk kerawanan sedang, kelas ketiga (3,4–3,9) untuk kerawanan tinggi, dan kelas keempat (4,0–4,4) untuk kerawanan sangat tinggi.

Hasil pemetaan menunjukkan sebaran wilayah di Kecamatan Cepogo berdasarkan tingkat kerawanan. Warna pada peta menggambarkan zona kerawanan: hijau untuk rendah, kuning untuk sedang, oranye untuk tinggi, dan merah untuk sangat tinggi. Terlihat bahwa bagian selatan dan tenggara Kecamatan Cepogo didominasi oleh zona kerawanan tinggi dan sangat tinggi, kemungkinan karena topografi yang lebih curam dan penggunaan lahan yang padat.

Pemetaan ini sangat penting sebagai dasar perencanaan tata ruang dan mitigasi bencana lokal. Dengan mengetahui daerah rawan longsor, pemerintah daerah bisa menentukan prioritas dalam mengurangi risiko bencana, seperti membangun infrastruktur penahan tanah, melarang pembangunan di zona merah, dan memberikan edukasi kepada masyarakat tentang bahaya tanah longsor. Selain itu, data ini berguna untuk mengembangkan sistem peringatan dini dan penanggulangan bencana yang lebih efektif di Kecamatan Cepogo. Hasil klasifikasi dan peta kerawanan ini juga dirangkum dalam Tabel 13, yang menunjukkan interval skor dan tingkat kerawanannya secara jelas.

3.2. PEMBAHASAN

A. Kerawanan Tanah Longsor

Tabel 14. Tabel Luas Tingkat Kerawanan Longsor

Desa	Luas Tingkat Kerawanan Longsor (ha)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Bakulan	130,25	69,32	1,90	-
Cabeankunti	141,37	216,58	5,65	-
Candigatak	106,50	155,59	2,18	-
Cepogo	134,15	276,02	57,06	-
Gedangan	155,63	240,57	35,36	-
Genting	42,63	123,27	100,87	-
Gubug	121,05	154,39	7,92	-
Jelok	314,40	322,68	5,25	-
Jombang	63,16	156,11	60,11	1,58
Kembangkuning	149,34	216,18	31,96	-
Mliwis	197,60	295,99	7,07	-
Paras	26,68	40,81	2,26	-
Sukabumi	61,88	126,30	63,22	-
Sumbang	153,41	221,56	19,99	-
Wonodoyo	28,94	122,72	236,30	309,27
Total Keseluruhan	1826,99	2738,09	637,10	310,85

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2025

Tabel ini menyajikan data luas wilayah (dalam hektar) berdasarkan tingkat kerawanan tanah longsor di berbagai desa di Kecamatan Cepogo. Tingkat kerawanan dibagi menjadi empat kategori: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Setiap kategori dijumlahkan per desa untuk menunjukkan seberapa besar wilayah yang terdampak oleh masing-masing tingkat kerawanan. Dari hasil analisis, terlihat bahwa sebagian besar wilayah Kecamatan Cepogo termasuk dalam kategori kerawanan sedang dan tinggi, sementara wilayah dengan kategori sangat tinggi lebih sedikit, tetapi tetap signifikan di beberapa desa.

Beberapa desa dengan luas wilayah terbesar dalam kategori kerawanan rendah antara lain Mliwis (197,60 ha), Gedangan (155,63 ha), dan Sumbang (153,41 ha). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah di desa-desa tersebut relatif aman dari potensi longsor, atau memiliki kondisi topografi dan penggunaan lahan yang stabil dan aman. Sedangkan desa

seperti Jelok (322,68 ha), Cabeankunti (216,58 ha), dan Sumbang (221,56 ha) memiliki luas wilayah terbesar dalam kategori kerawanan sedang, yang menandakan potensi longsor yang perlu diperhatikan di daerah ini.

Untuk kategori kerawanan tinggi, wilayah terluas berada di Desa Wonodoyo (236,30 ha), diikuti Genting (100,87 ha) dan Cepogo (57,06 ha). Desa Wonodoyo menjadi desa dengan kondisi kerawanan tanah longsor yang serius karena memiliki luas lahan yang besar dalam kategori tinggi dan juga satu-satunya desa dengan luas signifikan pada kategori sangat tinggi, yaitu 309,27 ha. Desa lain dengan wilayah kategori sangat tinggi meskipun kecil adalah Jombang (1,58 ha), menunjukkan bahwa selain Wonodoyo, sebagian besar desa hanya memiliki kerawanan sangat tinggi yang terbatas.

Secara keseluruhan, total luas wilayah Kecamatan Cepogo yang dianalisis adalah: kerawanan rendah 1.826,99 ha, kerawanan sedang 2.738,09 ha, kerawanan tinggi 637,10 ha, dan kerawanan sangat tinggi 310,85 ha. Ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh wilayah termasuk dalam kategori kerawanan sedang, yang berarti potensi bencana longsor tidak dapat diabaikan dan membutuhkan perhatian khusus dari pemerintah dan masyarakat. Dengan demikian, hasil analisis ini dapat menjadi dasar dalam menentukan prioritas mitigasi bencana serta perencanaan pembangunan yang berbasis risiko di Kecamatan Cepogo (Madani et al., 2023).

B. Mitigasi Tanah Longsor

Mitigasi tanah longsor adalah serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak bencana tanah longsor, terutama di negara yang rawan seperti Indonesia. Karena topografi Indonesia didominasi oleh perbukitan, gunung, dan curah hujan yang tinggi, kondisi ini membuat tanah longsor sangat mungkin terjadi. Oleh karena itu, mitigasi harus dilakukan secara menyeluruh dengan melibatkan aspek teknis, ekologis, sosial, dan kelembagaan.

Langkah awal mitigasi adalah mengidentifikasi daerah rawan melalui pemetaan kerentanan dan risiko. Sistem Informasi Geografis (SIG) banyak digunakan untuk keperluan ini. SIG membantu membuat zonasi risiko tanah longsor berdasarkan faktor seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, dan tutupan lahan (Sulistyo, 2016). Data ini menjadi dasar penting dalam perencanaan tata ruang agar pembangunan tidak dilakukan di zona berbahaya.

Mitigasi teknis juga sangat penting, seperti pembangunan terasering, dinding penahan tanah, dan sistem drainase pada lereng. Selain itu, pendekatan vegetatif dengan teknik agroforestri terbukti efektif sebagai langkah adaptasi dan mitigasi, terutama di daerah pedesaan (Rendra et al., 2016). Tanaman dengan akar kuat seperti vetiver atau bambu dapat memperkuat struktur tanah dan mengurangi aliran air permukaan.

Pendidikan dan peningkatan kapasitas masyarakat juga sangat berperan dalam keberhasilan mitigasi. Mitigasi berbasis masyarakat dapat meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan warga, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Arifianti (Arifianti, 2013) dengan media edukasi sejak dini. Penyuluhan dan pelatihan tentang tanda-tanda awal tanah longsor, rencana evakuasi, serta pembentukan komunitas siaga bencana sangat penting untuk mengurangi korban jiwa.

Inovasi terbaru juga menunjukkan penggunaan teknologi berbasis gelombang radio dan sistem peringatan dini berbasis sensor, yang memungkinkan pendeteksian pergerakan tanah sebelum longsor terjadi (Purwadi et al., 2023). Sistem ini memungkinkan masyarakat mendapatkan informasi dini dan mengambil tindakan cepat.

Aspek kelembagaan juga tidak boleh diabaikan. Kerja sama antara pemerintah daerah, lembaga kebencanaan seperti BNPB, dan komunitas lokal sangat penting. Penelitian di Kabupaten Purworejo dan Banjarnegara menunjukkan bahwa kolaborasi ini memperkuat ketahanan wilayah terhadap bencana (Khaerani et al, 2017); integrasi mitigasi ke dalam kebijakan tata ruang dan pembangunan wilayah menjadi kunci keberhasilan jangka panjang.

Dengan menggabungkan strategi struktural, vegetatif, teknologi, dan pemberdayaan masyarakat secara bersamaan, mitigasi tanah longsor di Indonesia dapat ditingkatkan secara signifikan. Ke depan, dibutuhkan sinergi lintas sektor dan dukungan kebijakan yang kuat agar upaya mitigasi tidak hanya reaktif, tetapi juga bersifat preventif dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, dengan melihat beberapa faktor fisik seperti kemiringan lereng, jenis tanah, penggunaan lahan, geologi, dan curah hujan. Hasilnya menunjukkan sekitar 35% wilayah termasuk kerawanan tinggi, 40% sedang, dan 25% rendah. Wilayah paling rawan ada di bagian selatan, khususnya Desa Wonodoyo, yang memiliki lereng lebih dari 25° dan curah hujan tinggi. Faktor lain seperti tanah regosol, lereng curam, dan perubahan penggunaan lahan oleh manusia juga meningkatkan risiko longsor.

Analisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) memperlihatkan sebaran zona rawan dengan jelas. Desa Wonodoyo, Genting, dan Cepogo termasuk area dengan kerawanan tinggi karena kombinasi faktor alam dan aktivitas manusia. Contohnya, pembukaan hutan untuk pertanian atau permukiman membuat wilayah ini lebih rentan longsor. Kondisi geologi dengan batuan vulkanik tua dan endapan material muda juga membuat lereng kurang stabil.

Untuk mengurangi risiko longsor di Cepogo, dibutuhkan berbagai langkah. Cara teknis seperti membuat terasering, dinding penahan tanah, dan sistem drainase sangat penting. Pendekatan alami, seperti menanam tanaman berakar kuat seperti vetiver atau bambu, juga membantu memperkuat tanah dan mengurangi erosi. Teknologi sensor dan sistem peringatan dini juga sangat berguna untuk mendeteksi pergerakan tanah lebih awal, memberi waktu bagi warga untuk evakuasi.

Pendidikan dan pelatihan masyarakat juga sangat penting. Sosialisasi tanda-tanda awal longsor, latihan evakuasi, dan pembentukan komunitas siaga bencana dapat meningkatkan kesadaran dan kesiapan warga. Peran aktif masyarakat dalam reboisasi dan menjaga infrastruktur penahan tanah juga kunci keberhasilan mitigasi.

Pemerintah dan lembaga terkait harus berperan aktif juga. Mitigasi bencana harus masuk dalam kebijakan tata ruang dan perencanaan pembangunan agar tidak ada pembangunan di zona rawan tinggi. Kerja sama antara pemerintah daerah, BNPB, dan organisasi lokal akan memperkuat kemampuan daerah dalam menghadapi bencana. Data penelitian ini bisa menjadi dasar untuk membuat rencana mitigasi yang lebih tepat dan efektif.

Secara keseluruhan, Kecamatan Cepogo butuh strategi mitigasi yang menyeluruh dan berkelanjutan. Gabungan pendekatan teknis, ekologis, sosial, dan kelembagaan adalah solusi terbaik untuk mengurangi risiko tanah longsor. Dengan begitu, upaya mitigasi tidak hanya reaktif tapi juga preventif, melindungi masyarakat dan lingkungan dari dampak buruk bencana di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A. B., Miladan, N., & Pujantiyo, B. S. (2024). Kesesuaian Rencana Pola Ruang Terhadap Risiko Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Boyolali. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 19(1), 292. <https://doi.org/10.20961/region.v19i1.66891>
- Aminudin, A., Wijaya, A. P., & Hadi, F. (2023). Analisis Zona Rawan Tanah Longsor Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) (Studi Kasus: Kabupaten Boyolali). *Jurnal Geodesi Undip Juli*.
- Arifianti, Y. (2013). *Buku Mengenal Tanah Longsor Sebagai Media Pembelajaran Bencana Sejak Dini*. <https://www.researchgate.net/publication/290437737>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali. (2019). *Tinggi Wilayah dan Jarak ke Ibukota*.
- Firdaus, M. I., & Yuliani, E. (2021). Kesesuaian Lahan Permukiman Terhadap Kawasan Rawan Bencana Longsor. *Jurnal Kajian Ruang*.
- Irawan, L., Yulyanto, A., Zaini, A., Ma'ruf, A., Sa'idah, E. N., & Setiawan, F. M. (2020). Identifikasi Bahaya Longsor Lahan di Sebagian Wilayah Poncokusumo dan Wajak Kabupaten Malang. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 4(2), 160–171. <https://doi.org/10.29408/geodika.v4i2.2474>
- 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>
- Naufal, R. A., & Noor, A. (2017). *Analisis Kerawanan Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process*.
- Pradapaning Puri, D., & Rifda Khaerani, T. (2017). *Strategi Mitigasi Bencana Tanah Longsor*.
- Purwadi, A., Utomo, T. D., & Harahap, P. (2023). Sistem Mitigasi Bencana Tanah Longsor Berbasis Gelombang Radio. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 5(2). <https://doi.org/10.30596/rele.v5i2.13080>
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. (2004). *Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat*.
- Putra, R. A., Putri, A. R., & Santoso, F. A. (2021). Investigasi Kawasan Rawan Bencana Longsor Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Studi Kasus Kabupaten Madiun. *Jurnal PenSil*, 10(2), 68–79. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v10i2.20253>
- Rendra, P. P. R., Sulaksana, N., & Alam, Y. C. S. S. S. (2016). Optimalisasi Pemanfaatan Sistem Agroforestri Sebagai Bentuk Adaptasi Dan Mitigasi Tanah Longsor. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(2), 117–126.
- Sulistyo, B. (2016). *Peranan Sistem Informasi Geografis Dalam Mitigasi Bencana Tanah Longsor*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16705.97128>
- Yassar, M. F., Nurul, M., Nadhifah, N., Sekarsari, N. F., Dewi, R., Buana, R., Fernandez, S. N., & Rahmadhita, K. A. (2020). Penerapan Weighted Overlay Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.13>