

## Evaluasi Kesesuaian Spasial Peta Bahaya Tanah Longsor *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB di Kabupaten Wonogiri

Aqiela Pradani Ulin Nuha<sup>1\*</sup>, Yuli Priyana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i2.1800>

### Article Info:

Received : 19 Maret 2026  
Revised : 28 Maret 2026  
Accepted : 17 April 2026  
Published : 22 April 2026

### Correspondence:

Aqiela Pradani Ulin Nuha

Phone: +6282234051778

**Abstract:** Wonogiri Regency recorded 992 landslide incidents from 2021 to 2025, but the availability of verified local-scale hazard maps is still limited. This study aims to analyze the differences in the area of hazard classes, the spatial suitability of high hazard classes, and the consistency level of both maps against sample points between the landslide hazard map based on the *Weighted Overlay* modeling and the BNPB InaRISK map in Wonogiri Regency. The *Weighted Overlay* method is constructed using four physical parameters, namely slope, rainfall, land use, and soil type, which are processed using ArcGIS Pro with the same resolution and scale. Spatial suitability is calculated based on the overlay of high hazard classes, while consistency with sample points is measured using Percentage Agreement at 50 sample points evenly distributed across 25 sub-districts. The results show that the *Weighted Overlay* map is dominated by the medium hazard class (176,658.12 ha) with full coverage and no NoData areas, whereas the BNPB InaRISK map is dominated by the high hazard class (46,306.08 ha) with several unclassified areas. The agreement of high hazard classes between the two maps only reaches 8.65%, with the highest agreement in Jatiroto District (21.45%) and the lowest in Wuryantoro (0.55%). The consistency level of both maps against sample points is 50%. The low spatial agreement indicates that the national-scale InaRISK BNPB map cannot be directly used as a reference for disaster mitigation at the district level without local adjustments.

**Keywords:** Landslide; *Weighted Overlay*; InaRISK BNPB; Spatial Suitability; Wonogiri Regency.

**Citation:** Ulin Nuha, A. P., & Priyana, Y. (2026). Evaluasi Kesesuaian Spasial Peta Bahaya Tanah Longsor *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB di Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(2), 980-991. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i2.1800>

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan keragaman kondisi geologi, geomorfologi, dan iklim, sehingga memiliki tingkat risiko tinggi terhadap berbagai jenis bencana alam. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menyebutkan, pada tahun 2025 tercatat 4.727 kejadian bencana yang tersebar di seluruh Indonesia, yang didominasi bencana yang disebabkan oleh kondisi cuaca dan iklim. Dalam konteks ini, tanah longsor menjadi salah satu bencana yang erat kaitannya dengan dinamika curah

hujan dan kondisi morfologi wilayah. (Alcântara *et al.*, 2023).

Tanah longsor merupakan pergerakan massa tanah akibat gaya gravitasi yang menarik ke bawah. Terjadinya tanah longsor dapat disebabkan oleh faktor topografi, seperti kemiringan lereng dan karakteristik fisik seperti jenis tanah (Duan *et al.*, 2025). Tercatat dalam data bencana BNPB, terdapat 330 kejadian tanah longsor di Indonesia tahun 2025. Tanah longsor rawan terjadi di wilayah dengan topografi curam, salah satunya di Kabupaten Wonogiri. Berdasarkan

Email: [aqielapr244@gmail.com](mailto:aqielapr244@gmail.com)

dokumen KRB (Kajian Risiko Bencana) Provinsi Jawa Tengah 2022-2026 oleh BNPB, Kabupaten Wonogiri berpotensi tinggi terhadap bencana tanah longsor. Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Wonogiri mencatat, dalam kurun waktu 2021-2025 terdapat 992 bencana tanah longsor, dengan rincian distribusi per kecamatan per tahun tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tabel Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Wonogiri pada tahun 2021-2025

Kecamatan	2021	2022	2023	2024	2025
Baturetno	-	-	-	-	-
Batuwarno	-	11	50	2	3
Bulukerto	4	3	39	1	-
Eromoko	2	8	1	3	3
Girimarto	-	28	43	5	2
Giritontro	-	-	-	1	1
Giriwoyo	1	-	9	2	-
Jatipurno	17	18	52	7	5
Jatiroto	-	7	55	12	7
Jatisrono	4	3	9	5	-
Karangtengah	9	6	47	16	7
Kismantoro	5	7	4	8	21
Manyaran	-	-	-	-	-
Ngadirojo	-	2	-	3	1
Nguntoronadi	-	1	-	1	-
Paranggupito	1	-	-	-	-
Pracimantoro	-	-	-	-	-
Puhpelem	-	1	-	1	5
Purwantoro	4	-	5	3	1
Selogiri	2	16	15	7	2
Sidoharjo	-	9	5	1	1
Slogohimo	2	6	128	2	2
Tirtomoyo	28	44	53	52	5
Wonogiri	9	5	1	5	4
Wuryantoro	-	-	2	1	3
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>175</b>	<b>518</b>	<b>138</b>	<b>73</b>

**Sumber:** BPBD Kabupaten Wonogiri, 2025.

Hampir seluruh kecamatan di Kabupaten Wonogiri mengalami kejadian longsor dengan distribusi fluktuatif. Beberapa kecamatan menunjukkan peningkatan kejadian bencana, di antaranya Kecamatan Batuwarno, Kismantoro, Puhpelem, dan Wuryantoro. Melalui perkembangan teknologi dibidang spasial, identifikasi bahaya tanah longsor dapat dilakukan dengan pemodelan parameter lingkungan, yaitu *Weighted Overlay*. Menurut Alharbi *et al.* (2025), *Weighted Overlay* adalah model untuk identifikasi tanah

longsor, dengan mengintegrasikan berbagai parameter penyebab tanah longsor dan pembobotan pada setiap parameternya. Parameter tersebut di antaranya adalah curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, dan penggunaan lahan (Rif'ah *et al.*, 2024).

Informasi mengenai risiko bencana tanah longsor tersedia *open source* oleh BNPB melalui *website* InaRISK, yang menampilkan kajian risiko bencana (bahaya, kapasitas, kerentanan, dan risiko). Namun, dalam implementasinya melalui InaRISK tidak menampilkan klasifikasi bahaya secara menyeluruh pada seluruh wilayah. Ditandai dengan adanya area yang tidak terklasifikasikan. Hal ini dapat menyebabkan ketidaktepatan informasi yang diterima. Seperti halnya penelitian Lanto *et al.* (2022) yang menyebutkan bahwa, peta risiko tanah longsor InaRISK memiliki hasil berbeda dengan pemetaan dengan metode pembobotan parameter, yang mana pembobotan parameter lebih akurat dibandingkan dengan peta yang dikeluarkan oleh BNPB.

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam penyajian evaluasi kuantitatif terhadap kesesuaian spasial, antara peta bahaya tanah longsor metode *Weighted Overlay* dan peta InaRISK BNPB. Hal ini memungkinkan identifikasi secara terukur terhadap pergeseran distribusi kelas bahaya, akibat perbedaan struktur pembobotan dan resolusi data. Meskipun pemodelan bahaya longsor berbasis parameter dan penggunaan peta nasional telah banyak dilakukan, penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada pengembangan model atau uji akurasi, tanpa mengevaluasi secara langsung konsistensi spasial antar model lintas skala (Reichenbach *et al.*, 2018). Lebih lanjut, hingga saat ini belum ada studi secara kuantitatif yang mengevaluasi kesesuaian tersebut di Kabupaten Wonogiri, sehingga terdapat kesenjangan informasi kebencanaan yang menghambat pemanfaatan peta InaRISK BNPB secara tepat pada skala kabupaten.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis perbedaan luas kelas bahaya tanah longsor antara peta *Weighted Overlay* dan peta bahaya InaRISK BNPB; (2) menganalisis kesesuaian kelas bahaya tanah longsor antara peta *Weighted Overlay* dan peta bahaya InaRISK BNPB; serta (3) menganalisis tingkat kesesuaian kedua peta terhadap titik sampel guna menilai konsistensi spasial. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan akurasi identifikasi wilayah berpotensi longsor, serta menjadi dasar evaluasi instansi terkait dalam penggunaan peta bahaya untuk perencanaan mitigasi bencana di tingkat kabupaten.

## Metode

### Pendekatan

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis spasial. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan distribusi tingkat bahaya longsor di wilayah penelitian berdasarkan parameter fisik lingkungan. Sementara itu, pendekatan kuantitatif diterapkan melalui proses pembobotan dan *skoring* parameter, menggunakan pemodelan *Weighted Overlay* dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga menghasilkan indeks kerawanan dalam bentuk spasial.

### Metode Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan metode *Purposive Sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu yang ditentukan peneliti. Titik sampel kejadian tanah longsor ditentukan berdasarkan pertimbangan hasil peta bahaya tanah longsor pada kelas bahaya tinggi peta InaRISK BNPB sejumlah 50 titik. Keterbatasan data aktual kejadian longsor menyebabkan penelitian ini menggunakan pendekatan *sampling* spasial. Dengan asumsi bahwa, area kelas bahaya tinggi memiliki probabilitas kejadian lebih besar. Pendekatan ini umum digunakan dalam studi awal pemodelan bahaya ketika data longsor terbatas (Guzzetti *et al.* 2012).

Titik sampel dalam penelitian ini tidak mewakili lokasi kejadian longsor aktual yang terverifikasi di lapangan, melainkan ditentukan berdasarkan distribusi spasial kelas bahaya tinggi pada peta InaRISK BNPB. Konsekuensinya, evaluasi dalam penelitian ini bersifat analisis kesesuaian antar-model (*inter-model agreement*), bukan uji akurasi prediktif. Dengan demikian, hasil kesesuaian tidak dapat diinterpretasikan sebagai tingkat akurasi model dalam memprediksi kejadian longsor aktual, melainkan sebagai ukuran konsistensi klasifikasi antara dua pendekatan pemetaan yang berbeda skala dan metodologi.

### Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode observasi data sekunder, yang mencakup parameter dalam pembuatan peta *Weighted Overlay*, dan peta bahaya tanah longsor Kabupaten Wonogiri dalam InaRISK BNPB. Peta bahaya InaRISK BNPB yang digunakan, merupakan peta paling terbaru yang dibuat, yaitu tahun 2024. Peta bahaya tersebut merupakan hasil integrasi kajian risiko bencana yang sudah melalui proses analisis formal dengan metode *skoring* sesuai Perka BNPB No. 2 Tahun 2012. Peta bahaya tanah longsor InaRISK dibuat menggunakan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah (ZKGT) oleh Kementerian ESDM melalui Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). Untuk pembuatan peta bahaya

*Weighted Overlay*, menggunakan data sekunder yang masing-masing akan dilakukan *skoring*. Data sekunder yang digunakan antara lain:

**Tabel 2.** Tabel Data Sekunder

Nama Data	Sumber
Peta Bahaya Tanah Longsor	InaRISK BNPB
Batas Administrasi	Indonesia Geospasial
Curah Hujan	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)
Jenis Tanah	Indonesia Geospasial
DEM ( <i>Digital Elevation Model</i> )	Badan Informasi Geospasial (BIG)
Penggunaan Lahan	<i>Google Earth Engine</i> (GEE)
Data Kejadian Bencana Tanah Longsor	Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Wonogiri

### Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, dengan menggunakan *software* ArcGIS Pro. Seluruh data diseragamkan dengan menggunakan jenis data raster. Raster disamakan pada resolusi spasial 30 meter, seluruh data pada skala 1:50.000, dan berada di zona UTM Kabupaten Wonogiri yaitu WGS 1984 UTM 49S untuk memastikan konsistensi analisis *overlay*. Proses penyelarasan menggunakan berbagai *tools* dalam ArcGIS Pro. Di antaranya adalah *tools polygon to raster* untuk menyamakan jenis data menjadi raster, *resample* untuk menyamakan resolusi 30 meter, dan *project raster* untuk menyamakan zona UTM. Penggunaan resolusi 30 meter dalam penelitian ini berdasarkan resolusi peta bahaya dalam InaRISK BNPB. Sedangkan skala 1:50.000 merupakan skala yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri ATR/BPN Nomor 14 Tahun 2021 untuk perencanaan wilayah kabupaten.

Pengolahan dimulai dari *download* peta bahaya tanah longsor Kabupaten Wonogiri dari *website* InaRISK, dan pembuatan peta bahaya tanah longsor dengan pemodelan *Weighted Overlay* menggunakan beberapa parameter dalam skala yang sama. Setiap parameter dalam peta *Weighted Overlay* dilakukan *skoring*. Sehingga, didapatkan bobot disetiap parameter dalam masing-masing peta. Pemberian *skoring*, dilakukan dengan acuan:

**Tabel 3.** Tabel Klasifikasi Curah Hujan (mm/tahun)

Klasifikasi	Keterangan	Nilai	Bobot
< 1500	Sangat Kering	1	30%
1501 – 2000	Kering	2	
2001 – 2500	Sangat/Lembab	3	
2501 – 3000	Basah	4	
> 3000	Sangat Basah	5	

**Sumber:** Puslittanak (2004) dalam penelitian Rif'ah *et al* (2024)

**Tabel 4.** Tabel Klasifikasi Kemiringan Lereng (%)

Klasifikasi	Keterangan	Nilai	Bobot
0 – 8	Datar	1	40%
8 – 15	Landai	2	
15 – 25	Agak Curam	3	
25 – 45	Curam	4	
>45	Sangat Curam	5	

**Sumber:** Puslittanak (2004) dalam penelitian Rif'ah *et al* (2024)

**Tabel 5.** Tabel Klasifikasi Jenis Tanah

Klasifikasi	Keterangan	Nilai	Bobot
Aluvial, Gisol, Planosol, Hidromorf, Kelabu, Laterik Air	Tidak Peka	1	10%
Latosol	Kurang Peka	2	
Brown Forest Soil, Noncalcic Brown, Mediteran	Agak Peka	3	
Andesol, Laterik, Grumusol, Podsol, Podzolic	Peka	4	
Regosol, Litosol, Renzina	Sangat Peka	5	

**Sumber:** Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (2009) dalam penelitian Rahmawati & Priyono (2024)

**Tabel 6.** Tabel Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi	Keterangan	Nilai	Bobot
Perairan, Tambak, Waduk	Tidak Peka	1	20%
Pemukiman, Kota	Kurang Peka	2	
Perkebunan, Hutan	Agak Peka	3	
Semak Belukar	Peka	4	
Sawah, Tegalan	Sangat Peka	5	

**Sumber:** Puslittanak (2004) dalam penelitian Rif'ah *et al* (2024)

Pembobotan diberikan sesuai dengan penelitian oleh Rif'ah *et al.* (2024) dengan pemodelan yang sama, yaitu *skoring* dan *Weighted Overlay* pada wilayah dengan topografi berbukit dan berlereng. Pembobotan dilakukan dengan memberikan bobot lebih besar pada parameter yang dianggap sebagai paling dominan dalam menentukan tingkat bahaya tanah longsor (Shano *et al.*, 2020). Penelitian ini menempatkan kemiringan lereng sebagai faktor dominan dalam menentukan tingkat bahaya tanah longsor (40%), karena berpengaruh langsung terhadap kestabilan lereng yang relevan dengan kondisi topografi Kabupaten Wonogiri. Diikuti oleh curah

hujan (30%) sebagai pemicu utama peningkatan tekanan air pori, sedangkan penggunaan lahan (20%) dan jenis tanah (10%) berperan sebagai faktor pengontrol sekunder. Kesesuaian spasial kelas bahaya tinggi antara kedua peta, dihitung sebagai proporsi luas area yang secara bersamaan diklasifikasikan tinggi oleh peta *Weighted Overlay* dan peta InaRISK BNPB terhadap total luas wilayah Kabupaten Wonogiri:

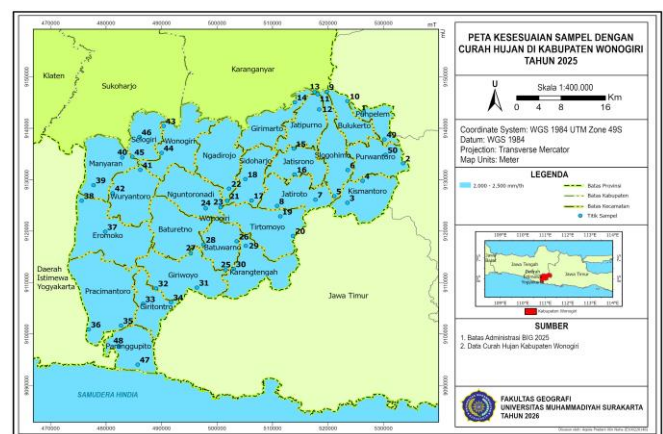
$$\text{Kesesuaian (\%)} = \frac{\sum \text{Luas Sesuai Kelas Tinggi Kedua Peta}}{\sum \text{Luas Kabupaten}} \times 100$$

Kesesuaian titik sampel, dievaluasi menggunakan *Percentage Agreement*, yaitu:

$$\text{Percentage Agreement (\%)} = \frac{\sum \text{Titik Sesuai}}{\sum \text{Titik Sampel}} \times 100$$

### Hasil dan Diskusi Curah Hujan

Seluruh wilayah di Kabupaten Wonogiri berada dalam satu kelas curah hujan yang sama, yaitu 2.000–2.500 mm/tahun, yang termasuk kategori lembab. Keseragaman ini mencerminkan kondisi klimatologis di Kabupaten Wonogiri relatif homogen. Dari 50 titik sampel yang tersebar di 25 kecamatan, seluruhnya berada pada kelas curah hujan yang sama. Dalam hal ini, curah hujan berperan sebagai risiko hidrologis yang merata. Seluruh wilayah di Kabupaten Wonogiri menanggung beban hujan setara. Menjadikan faktor morfologi dan jenis tanah sebagai penentu utama perbedaan tingkat bahaya.



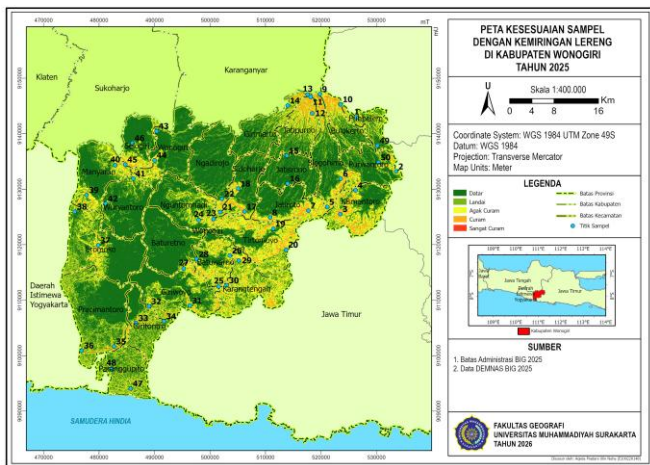
**Gambar 1.** Peta Curah Hujan Kabupaten Wonogiri

Meskipun demikian, keseragaman curah hujan bukan berarti tingkat bahaya longsor menjadi rendah. Menurut Jayakody *et al.* (2023), curah hujan mempengaruhi kondisi air pori di dalam material pembentuk lereng. Ketika hujan meresap ke dalam tanah, tekanan air pori meningkat dan kohesi antar partikel tanah menurun, sehingga lereng kehilangan

kestabilannya. Lereng tidak langsung longsor saat hujan turun, melainkan setelah ambang batas jenuh tanah terlampaui (Huang *et al.*, 2022). Di Kabupaten Wonogiri, dengan curah hujan 2.000–2.500 mm/tahun yang terdistribusi sepanjang musim hujan, kondisi jenuh ini berpotensi tercapai secara berulang tiap tahun. Khususnya pada lereng dengan jenis tanah Litosol dan Regosol yang memiliki kapasitas infiltrasi tinggi namun daya ikat air rendah.

**Kemiringan Lereng**

Kemiringan lereng merupakan parameter dengan bobot tertinggi (40%) dalam *skoring* pemodelan *Weighted Overlay*.



**Gambar 2.** Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Wonogiri

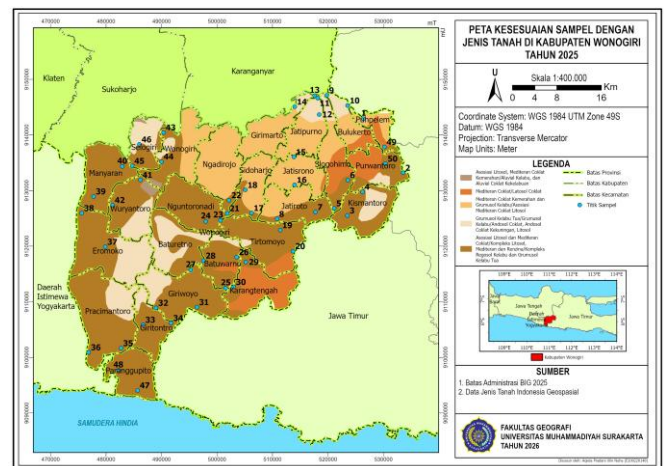
Kabupaten Wonogiri didominasi oleh lereng datar hingga landai (0–15%), namun distribusi ini tidak merata. Lereng dengan kemiringan >15% tersebar hampir di seluruh kecamatan, contohnya di Kecamatan Tirtomoyo, Jatipurno, Jatiroto, Slogohimo, dan Kismantoro yang secara konsisten mencatat kejadian longsor tertinggi dalam kurun waktu 2021–2025. Kecamatan Tirtomoyo dengan 182 kejadian longsor dalam lima tahun, yang masuk dalam zona lereng agak curam hingga curam. Sedangkan kecamatan dengan lereng yang relatif datar seperti Kecamatan Jatirono, memiliki sedikit catatan longsor dalam data BPBD. Hal ini menandakan bahwa, kemiringan lereng adalah pengontrol utama distribusi bahaya longsor di wilayah ini.

Hasil analisis kesesuaian 50 titik sampel terhadap peta kemiringan lereng, longsor teridentifikasi pada kelas agak curam (15–25%), curam (25–45%), dan sangat curam (>45%). Tiga kelas ini dalam *skoring Weighted Overlay* masing-masing mendapat nilai 3, 4, dan 5, yang berarti kontribusinya besar terhadap skor bahaya akhir, mengingat bobotnya 40%. Sebaliknya, titik sampel yang jatuh pada lereng

datar dan landai (nilai 1 dan 2) cenderung menunjukkan ketidaksesuaian kelas bahaya antara peta *Weighted Overlay* dan peta InaRISK BNPB. Karena model lokal memberikan skor rendah, sementara peta nasional dengan pendekatan geologi berbeda, tetap mengklasifikasikan zona tersebut sebagai tinggi. Dahmani *et al.* (2025) menyebutkan, lereng yang lebih curam lebih rawan longsor karena faktor gravitasi. Kecamatan-kecamatan dengan kombinasi lereng curam dan dominasi tanah Litosol/Regosol lebih rawan longsor.

**Jenis Tanah**

Jenis tanah di Kabupaten Wonogiri didominasi oleh Litosol, Mediteran Coklat, Regosol, dan Grumusol yang tersebar hampir disemua wilayah.



**Gambar 3.** Peta Jenis Tanah Kabupaten Wonogiri

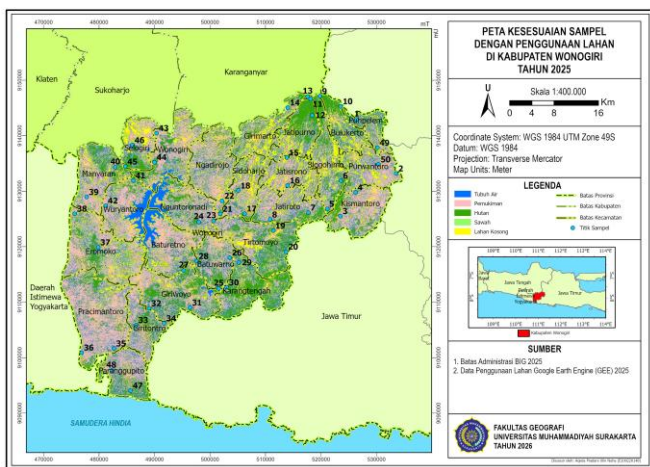
Dari hasil analisis kesesuaian 50 titik sampel terhadap peta jenis tanah, Litosol menjadi jenis tanah yang paling konsisten sesuai dengan titik sampel. Jenis tanah ini cenderung memiliki tekstur lempung dan lapisan yang tidak terlalu tebal (Dewi *et al.*, 2025). Ketika hujan meresap, air tidak tertahan oleh horison tanah, melainkan langsung mencapai batas antara tanah dan batuan induk. Sehingga menciptakan tekanan hidrostatis yang mendorong massa tanah bergeser. Dogra & Bharti (2025) menyebutkan, integrasi antara intensitas curah hujan, topografi, dan jenis tanah Litosol sangat mempengaruhi frekuensi tanah longsor yang tinggi.

Jenis tanah ini tersebar luas di beberapa kecamatan, antara lain di Kecamatan Manyaran, Paranggupito, dan Nguntoronadi. Sebagian Kecamatan Wonogiri, Selogiri, Wuryantoro, Eromoko, Pracimantoro, Giritontro, Giriwoyo, Baturetno, Karangtengah, Batuwarno, Tirtomoyo, Sidoharjo, Jatiroto, Slogohimo, Kismantoro, Purwantoro, dan Puhpelem. Hal ini sejalan dengan data kejadian longsor oleh BPBD pada tahun 2021–2025 yang menyebutkan

bahwa, Kecamatan Tirtomoyo mengalami 182 kejadian longsor. Pola distribusi jenis tanah di Kabupaten Wonogiri menunjukkan bahwa, kerentanan longsor tidak terdistribusi merata, melainkan terkonsentrasi pada jenis tanah Litosol dengan topografi curam di bagian tengah-timur kabupaten. Meskipun hanya berbobot 10% dalam model, tetap memiliki peran penting sebagai penguat atau peredam efek kemiringan lereng terhadap potensi longsor.

**Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan di Kabupaten Wonogiri didominasi oleh pemukiman dan vegetasi. Kemudian terdapat lahan kosong dan tubuh air di beberapa wilayah.



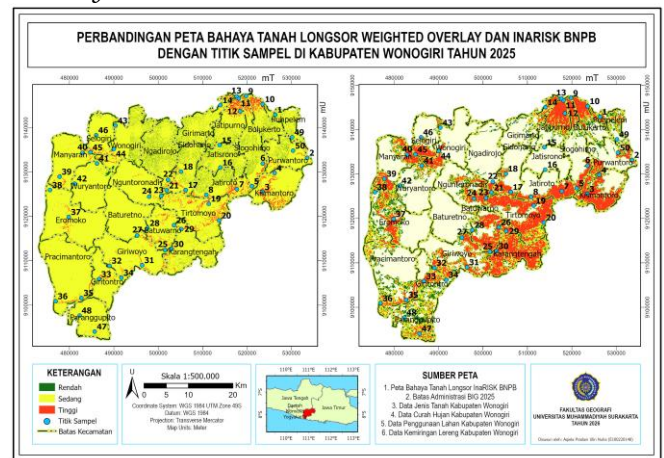
**Gambar 4.** Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Wonogiri

Analisis kesesuaian 50 titik sampel terhadap penggunaan lahan menunjukkan, sejumlah titik sampel jatuh pada area bertutupan vegetasi. Ini tidak sejalan dengan asumsi bahwa vegetasi dapat mengurangi tanah longsor. Vegetasi hanya efektif mencegah longsor dangkal melalui sistem perakaran. Pada longsor yang lebih dalam, keberadaan vegetasi tidak berpengaruh terhadap stabilitas massa tanah di bawahnya. Dengan di dominasi oleh lereng curam dan intensitas curah hujan yang merata, daya ikat tanah menjadi lemah, sehingga dapat memicu longsor lebih cepat pada kondisi hujan ekstrem (Dewi *et al.* 2025)

Pemukiman sebagai kelas penggunaan lahan mendapat skor 2 (kurang peka) dalam *skoring* penelitian ini. Skor tersebut didasarkan pada asumsi bahwa kawasan terbangun umumnya berada di zona yang relatif datar dengan drainase yang baik. Namun realitanya, di Kabupaten Wonogiri pemukiman dibangun pada lereng yang curam, terutama di daerah perbukitan seperti Kecamatan Kismantoro, Bulukerto, dan Jatipurno, akibat keterbatasan lahan datar. Pemukiman ini menambah beban pada lereng dan

mengubah drainase alami melalui konstruksi bangunan. Lebih lanjut, Waduk Gajah Mungkur dan sekitarnya yang mencakup sebagian Kecamatan Wuryantoro, Baturetno, dan Wonogiri kota menampilkan sedikit titik sampel. Zona ini mendapat skor 1 (tidak peka) untuk kelas perairan/waduk, yang berkontribusi pada rendahnya indeks bahaya di area tersebut. Sejalan dengan data longsor BPBD, Kecamatan Baturetno yang secara geografis berbatasan langsung dengan zona waduk, konsisten mencatat tidak ada kejadian longsor.

**Perbandingan Peta Bahaya Tanah Longsor *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB**



**Gambar 5.** Perbandingan Peta Bahaya Tanah Longsor *Weighted Overlay* dan InaRISK BNPB

Peta bahaya InaRISK BNPB di Kabupaten Wonogiri didominasi oleh tingkat bahaya tinggi, dengan sedikit tingkat bahaya sedang dan rendah. Hal ini menunjukkan bahwa metode pemetaan oleh BNPB cenderung menggeneralisasi zona berisiko tinggi lebih luas dibandingkan pemodelan *Weighted Overlay*. Namun metode ini tidak mencakup semua wilayah. Berbeda dengan hasil pemodelan *Weighted Overlay*, didominasi oleh kelas sedang dan lebih terdistribusi di seluruh wilayah. Dalam konteks mitigasi bencana di tingkat kabupaten, peta InaRISK BNPB ini tidak bisa dijadikan satu-satunya acuan. Peta *Weighted Overlay* menghasilkan cakupan spasial lebih luas, karena dibangun dari data raster yang mencakup seluruh wilayah dan tidak ada piksel yang dibiarkan kosong tanpa klasifikasi.

Kesesuaian peta dengan sampel menunjukkan, titik sampel terkonsentrasi di kecamatan dengan topografi curam, di antaranya Kecamatan Bulukerto, Puhpelem, Kismantoro, Girimarto, dan Jatipurno. Yang mana, kecamatan-kecamatan tersebut diklasifikasikan sebagai kelas tinggi oleh kedua metode sekaligus. Ini menandakan, ketika kemiringan lereng sudah curam, perbedaan pembobotan dan resolusi data tidak lagi

cukup kuat untuk menghasilkan klasifikasi yang berbeda. Sedangkan pada zona dengan lereng agak curam (15–25%), perbedaan metodologi menghasilkan perbedaan yang cukup kuat. Karena pengaruh parameter lingkungan seperti jenis tanah dan curah hujan.

Hasil analisis menunjukkan, peta *Weighted Overlay* mendominasi kelas sedang dengan luas 176.658,12 ha, sedangkan peta InaRISK BNPB hanya 25.359,03 ha pada kelas yang sama. Sebaliknya, pada kelas tinggi, peta InaRISK BNPB menunjukkan luas yang jauh lebih besar yaitu 46.306,08 ha, dibandingkan hasil pemodelan *Weighted Overlay* yang hanya seluas 7.511,49 ha. Apabila dibandingkan dengan total luas wilayah, hasil peta *Weighted Overlay* mendekati luas administratif Kabupaten Wonogiri. Sedangkan peta InaRISK BNPB memiliki cakupan yang lebih terbatas karena tidak seluruh wilayah terklasifikasikan dalam kelas bahaya (terdapat area *NoData*), sehingga total luas klasifikasinya lebih kecil dibandingkan luas kabupaten. Berikut tabel perbedaan luas dan kelas bahaya pada kedua peta:

**Perbedaan Luas dan Sebaran Kelas Bahaya Tanah Longsor**

**Tabel 7.** Perbedaan Luas dan Sebaran Bahaya Longsor Kelas Rendah

Kecamatan	Kelas Rendah (Ha)	
	Weighted Overlay	BNPB
Giritontro	0,00	793,62
Giriwoyo	1,08	795,42
Pracimantoro	0,00	1712,70
Nguntoronadi	5,49	692,28
Baturetno	0,00	235,98
Batuwarno	25,65	369,27
Tirtomoyo	32,94	373,77
Eromoko	0,00	1751,58
Wuryantoro	107,82	621,81
Ngadirojo	984,87	242,19
Sidoharjo	383,22	141,75
Selogiri	11,16	193,50
Wonogiri	569,97	196,92
Purwantoro	248,94	481,05
Bulukerto	239,67	529,20
Jatiroto	430,83	130,23
Kismantoro	0,00	505,17
Manyaran	0,00	606,15
Slogohimo	394,38	416,70
Paranggupito	0,00	1375,38
Puhpelem	144,00	623,61
Girimarto	374,67	587,43
Karangtengah	145,17	423,99
Jatisrono	484,20	46,08
Jatipurno	253,08	575,28
<b>TOTAL</b>	<b>4837,14</b>	<b>14421,06</b>

**Tabel 8.** Perbedaan Luas dan Sebaran Bahaya Longsor Kelas Sedang

Kecamatan	Kelas Sedang (Ha)	
	Weighted Overlay	BNPB
Giritontro	5484,24	1409,76
Giriwoyo	10201,77	1889,73
Pracimantoro	14034,51	2673,90
Nguntoronadi	8046,90	1197,18
Baturetno	8870,76	217,89
Batuwarno	5221,62	865,53
Tirtomoyo	8892,81	1583,91
Eromoko	12523,86	2218,77
Wuryantoro	7801,83	497,52
Ngadirojo	8288,10	93,51
Sidoharjo	5316,93	337,86
Selogiri	4789,53	364,41
Wonogiri	8173,53	311,58
Purwantoro	5761,08	522,09
Bulukerto	3654,00	597,06
Jatiroto	6027,93	281,07
Kismantoro	6475,14	1136,61
Manyaran	7797,51	1177,11
Slogohimo	5992,74	504,45
Paranggupito	6181,02	2717,10
Puhpelem	2840,40	913,86
Girimarto	5546,07	718,74
Karangtengah	8417,52	2232,00
Jatisrono	5116,05	17,01
Jatipurno	5202,27	880,38
<b>TOTAL</b>	<b>176658,12</b>	<b>25359,03</b>

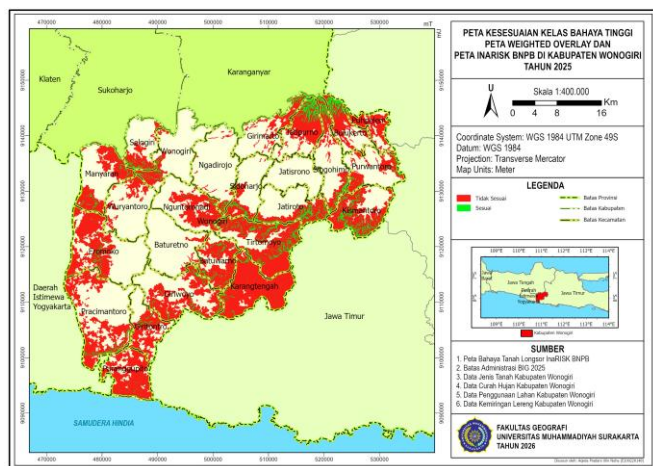
**Tabel 9.** Perbedaan Luas dan Sebaran Bahaya Longsor Kelas Tinggi

Kecamatan	Kelas Tinggi (Ha)	
	Weighted Overlay	BNPB
Giritontro	119,52	790,92
Giriwoyo	375,84	2796,84
Pracimantoro	327,42	1613,97
Nguntoronadi	112,77	1532,52
Baturetno	12,06	156,96
Batuwarno	318,78	2663,73
Tirtomoyo	1004,67	6151,23
Eromoko	199,53	1859,22
Wuryantoro	8,82	333,09
Ngadirojo	96,84	360,81
Sidoharjo	244,26	1163,70
Selogiri	255,87	1161,63
Wonogiri	183,87	1102,05

Purwanto	222,93	1267,92
Bulukerto	501,21	1570,05
Jatiroto	629,28	2522,52
Kismantoro	894,42	3858,48
Manyaran	210,69	2181,42
Slogohimo	567,27	1910,70
Parangupito	72,09	1038,96
Puhpelem	51,57	828,99
Girimarto	204,39	913,14
Karangtengah	262,62	6103,35
Jatisrono	0,00	0,09
Jatipurno	634,77	2423,79
<b>TOTAL</b>	<b>7511,49</b>	<b>46306,08</b>

**Kesesuaian Kelas Bahaya Tinggi Peta *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB**

Hasil analisis kesesuaian spasial kelas bahaya tinggi antara peta *Weighted Overlay* dan peta InaRISK BNPB di Kabupaten Wonogiri tahun 2025 disajikan pada Gambar 6, yang memperlihatkan distribusi area sesuai dan tidak sesuai secara spasial di seluruh wilayah kabupaten.



**Gambar 6.** Kesesuaian Kelas Bahaya Tinggi Peta *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB

Kesesuaian kedua peta menunjukkan, tingkat kesesuaian kelas bahaya tinggi antara peta *Weighted Overlay* dan peta InaRISK BNPB di Kabupaten Wonogiri menunjukkan sebesar 8,65%. Hal ini menandakan bahwa, hanya sebagian kecil area yang memiliki kelas bahaya tinggi yang sama pada kedua peta. Peta InaRISK BNPB disusun dengan pendekatan skala nasional yang cenderung menggeneralisasi kondisi wilayah, sedangkan peta *Weighted Overlay* mengintegrasikan parameter fisik lokal dengan resolusi yang lebih detail. Perbedaan ini menyebabkan terjadinya pergeseran distribusi spasial kelas bahaya

tinggi antar kedua model. Berikut tabel luas kesesuaian per kecamatan di Kabupaten Wonogiri:

**Tabel 10.** Tabel Luas Kesesuaian Kelas Bahaya Tinggi Peta *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB

Kecamatan	Luas Kesesuaian (Ha)		Persentase Kesesuaian
	Sesuai	Tidak Sesuai	
Giritontro	116,01	2872,53	3,88
Giriwoyo	360,99	5024,43	6,70
Pracimantoro	320,13	5637,87	5,37
Nguntoronadi	111,24	3310,74	3,25
Baturetno	11,43	599,40	1,87
Batuwarno	313,92	3584,61	8,05
Tirtomoyo	999,27	7097,76	12,34
Eromoko	170,55	5628,06	2,94
Wuryantoro	7,92	1444,50	0,55
Ngadirojo	90,54	603,54	13,04
Sidoarjo	237,15	1406,16	14,43
Selogiri	254,25	1461,69	14,82
Wonogiri	180,18	1429,47	11,19
Purwanto	220,68	2039,94	9,76
Bulukerto	498,42	2161,71	18,74
Jatiroto	627,75	2298,87	21,45
Kismantoro	877,86	4460,67	16,44
Manyaran	209,16	3724,56	5,32
Slogohimo	558,36	2269,80	19,74
Parangupito	56,43	4945,23	1,13
Puhpelem	50,58	2199,42	2,25
Girimarto	201,69	1964,07	9,31
Karangtengah	261,54	8373,24	3,03
Jatisrono	0,00	63,18	0,00
Jatipurno	633,42	3245,40	16,33
<b>TOTAL</b>	<b>7369,47</b>	<b>77846,85</b>	<b>8,65%</b>

Variasi persentase kesesuaian antar kecamatan menunjukkan bahwa keselarasan model bersifat tidak merata. Beberapa kecamatan seperti Kecamatan Jatiroto memiliki persentase kesesuaian 21,45%, Slogohimo 19,74%, dan Bulukerto 18,74% yang menunjukkan tingkat kesesuaian relatif lebih tinggi. Ketiga kecamatan berada di perbukitan timur Wonogiri dengan kemiringan lereng dominan >25%, jenis tanah dominan Litosol, serta tercatat sebagai kecamatan dengan frekuensi longsor tinggi dalam data BPBD. Kemiringan lereng sebagai parameter berbobot 40% dalam peta *Weighted Overlay* sekaligus sebagai faktor geomorfologi dominan dalam peta ZKGT PVMGB yang menjadi basis InaRISK, berperan sebagai titik konvergensi kedua pendekatan. Sebaliknya, kecamatan seperti Kecamatan Wuryantoro memiliki persentase

kesesuaian hanya sebesar 0,55%, Paranggupito 1,13%, dan Baturetno 1,87%, yang menunjukkan kesesuaian rendah.

Kecamatan-kecamatan tersebut didominasi topografi landai, di mana peta *Weighted Overlay* memberikan skor rendah secara konsisten, tetapi dalam peta InaRISK BNPB tetap mengklasifikasikan sebagian wilayahnya sebagai kelas tinggi. Hal ini menandakan, peta parameter fisik peta *Weighted Overlay* kurang mampu dalam menangkap pertimbangan geologi peta InaRISK BNPB.

### Kesesuaian Peta Bahaya InaRISK BNPB dan Peta Bahaya *Weighted Overlay* terhadap Kejadian Bencana Tanah Longsor

Titik sampel dalam penelitian ini ditetapkan sebanyak 50 titik, yang didistribusikan secara merata pada 25 kecamatan di Kabupaten Wonogiri, dengan masing-masing kecamatan diwakili oleh 2 titik sampel. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan keterwakilan spasial pada seluruh wilayah penelitian, sehingga evaluasi tidak terfokus pada area tertentu. Berikut tabel kesesuaian setiap kecamatan:

**Tabel 11.** Tabel Kesesuaian Peta *Weighted Overlay* dan Peta InaRISK BNPB dengan Titik Sampel

Titik Sampel	Weighted Overlay	BNPB	Kesesuaian
1	3	3	1
2	3	3	1
3	3	3	1
4	3	3	1
5	3	3	1
6	2	3	0
7	3	3	1
8	2	3	0
9	3	3	1
10	2	3	0
11	3	3	1
12	3	3	1
13	3	3	1
14	2	3	0
15	2	1	0
16	2	-	0
17	3	3	1
18	2	3	0
19	3	3	1
20	3	3	1
21	3	3	1
22	2	3	0
23	2	3	0
24	3	3	1
25	3	3	1
26	3	3	1
27	2	3	0
28	2	3	0
29	3	3	1
30	2	3	0
31	2	3	0
32	3	3	1
33	3	3	1
34	2	3	0
35	3	3	1
36	3	3	1
37	2	3	0
38	2	3	0
39	3	3	1
40	2	3	0
41	2	3	0
42	2	3	0
43	2	3	0
44	3	3	1

45	2	3	0
46	2	3	0
47	3	3	1
48	2	3	0
49	2	3	0
50	2	3	0

Analisis kesesuaian antara peta bahaya tanah longsor hasil pemodelan *Weighted Overlay* dan peta bahaya InaRISK BNPB terhadap 50 titik sampel di Kabupaten Wonogiri, diperoleh tingkat kesesuaian sebesar 50%. Yang mana, angka 1 mewakili kelas rendah, kelas sedang (2), dan kelas tinggi (3) pada kolom kedua peta. Sedangkan pada kolom kesesuaian, angka 1 yang berarti sesuai, dan angka 0 yang berarti tidak sesuai. Angka 50% artinya, ada 25 titik sampel dari total 50 titik sampel yang berada pada kelas sama. Dari 50 titik sampel, yang berada pada bahaya tinggi menurut peta *Weighted Overlay*, sebesar 50% di antaranya juga diklasifikasikan sebagai kelas tinggi oleh peta InaRISK BNPB. Pada kecamatan dengan topografi curam seperti Kecamatan Jatipurno, Bulukerto, dan Kismantoro, kedua titik sampelnya konsisten sesuai (nilai 1), yang menandakan bahwa topografi kuat mendorong konvergensi kedua model. Sebaliknya, kecamatan-kecamatan yang kedua titik sampelnya tidak sesuai, cenderung berada di zona dengan variasi parameter.

Dari 50 titik sampel yang dievaluasi, satu titik sampel (titik 16) jatuh pada area yang tidak terklasifikasikan (*NoData*) dalam peta InaRISK BNPB. Kondisi ini mencerminkan keterbatasan cakupan spasial peta InaRISK yang tidak mencakup seluruh wilayah kabupaten secara merata. Dalam penelitian ini, titik sampel yang jatuh pada area *NoData* diperlakukan sebagai tidak sesuai (nilai 0), karena tidak dapat dikonfirmasi kesamaan kelasnya dengan peta *Weighted Overlay*. Perlakuan ini dipilih untuk mempertahankan konsistensi jumlah sampel evaluasi (n=50) sekaligus mencerminkan bahwa area *NoData* merupakan bagian dari ketidaklengkapan peta InaRISK BNPB yang berimplikasi pada penggunaannya di tingkat kabupaten.

Meskipun pemodelan *Weighted Overlay* mampu mengidentifikasi sebagian wilayah berpotensi longsor, model tersebut belum sepenuhnya sejalan dengan pola spasial bahaya yang direpresentasikan dalam peta InaRISK BNPB. Adanya perbedaan distribusi luas kelas bahaya sekaligus kesesuaian terhadap titik sampel menunjukkan, pemetaan bahaya tanah longsor dipengaruhi oleh struktur model dan skema pembobotan. Oleh karena itu, pentingnya evaluasi silang (*cross-validation*) antara model lokal dan peta referensi nasional sebelum digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Dengan demikian, penelitian

ini tidak hanya menghasilkan peta bahaya, tetapi juga menyajikan refleksi metodologis yang bernilai terhadap pemodelan bahaya tanah longsor di tingkat kabupaten.

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode analisis bahaya tanah longsor pemodelan *Weighted Overlay* menghasilkan cakupan spasial lebih luas tanpa area *NoData* di Kabupaten Wonogiri (176.658,12 ha), dengan dominasi kelas sedang. Sedangkan, peta dari InaRISK BNPB menampilkan kelas tinggi yang luas namun tidak mencakup seluruh wilayah kabupaten (46.306,08 ha). Kesesuaian kelas bahaya tinggi antara kedua peta sebesar 8,65%. Kecamatan dengan topografi curam dan dominasi tanah Litosol seperti Jatiroto (21,45%) dan Slogohimo (19,74%) menunjukkan kesesuaian tertinggi, sementara kecamatan bertopografi landai seperti Wuryantoro (0,55%) menunjukkan kesesuaian terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa peta InaRISK BNPB tidak dapat digunakan langsung sebagai acuan mitigasi tingkat kabupaten tanpa penyesuaian lokal. Tingkat konsistensi kedua peta sebesar 50% terhadap titik sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa pemodelan berbasis parameter fisik mampu menangkap sebagian pola kerentanan longsor, meskipun belum sepenuhnya selaras dengan peta referensi nasional.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan. Pertama, keterbatasan data kejadian longsor aktual menyebabkan titik sampel ditetapkan berdasarkan distribusi spasial kelas bahaya tinggi peta InaRISK BNPB, sehingga evaluasi yang dilakukan bersifat kesesuaian antar-model, bukan validasi terhadap kondisi lapangan. Oleh karena itu, angka kesesuaian 50% tidak merepresentasikan akurasi model dalam mendeteksi kejadian longsor nyata dan tidak dapat dijadikan dasar klaim keunggulan salah satu peta. Kedua, pembobotan parameter mengadopsi nilai dari penelitian sebelumnya di wilayah yang berbeda, sehingga belum tentu optimal untuk karakteristik geomorfologi Kabupaten Wonogiri secara spesifik.

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data titik longsor aktual yang terverifikasi, serta mempertimbangkan metode pembobotan berbasis AHP (*Analytic Hierarchy Process*) untuk menghasilkan evaluasi yang lebih independen dan representatif. Integrasi antara pemodelan skala lokal dan peta skala

nasional juga perlu dikembangkan lebih lanjut agar menghasilkan informasi bahaya yang lebih akurat.

### Ucapan Terima Kasih

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak terkait. Yaitu Pemerintah Kabupaten Wonogiri dan instansi terkait yang menyediakan data. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang memberikan dukungan, kritik, dan saran untuk penelitian ini.

### Referensi

- Alcântara, E., Marengo, J. A., Mantovani, J., Londe, L. R., San, R. L. Y., Park, E., Lin, Y. N., Wang, J., Mendes, T., Cunha, A. P., Pampuch, L., Seluchi, M., Simões, S., Cuartas, L. A., Goncalves, D., Massi, K., Alvalá, R., Moraes, O., Filho, C. S., Mendes, R., and Nobre, C. (2023). Deadly disasters in southeastern South America: flash floods and landslides of February 2022 in Petrópolis, Rio de Janeiro. *Natural hazards and earth system sciences*, 23(3), 1157-1175. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1157-2023>
- Alharbi, T., El-Sorogy, A. S., & Rikan, N. (2025). Landslide prediction in mountainous terrain using weighted overlay analysis method: a case study of Al Figrah Road, Al-Madinah Al-Munawarah, Western Saudi Arabia. *Sustainability*, 17(15), 6914. [doi.org/10.3390/su17156914](https://doi.org/10.3390/su17156914)
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2012). Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. <https://jdih.bnpb.go.id>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2021). Dokumen kajian risiko bencana nasional provinsi Jawa Tengah tahun 2022-2026. <https://inarisk.bnpb.go.id>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2025). Data Bencana Di Indonesia Tahun 2025. <https://bnpb.go.id/>
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Wonogiri. (2025). Data bencana Kabupaten Wonogiri tahun 2025.
- Dahmani, L., Laaribya, S., Naim, H., & Dindaroglu, T. (2025). Development and assessment of landslide susceptibility in the province of Chefchaouen, North-West Morocco, using remote sensing and GIS: a weighted overlay analysis approach. *Geographia Technica*, 20(2). DOI: 10.21163/GT\_2025.202.01
- Dewi, H. K., Sigit, A. A., Fikriyah, V., & Ibrahim, M. H. (2025). Analysis of landslide vulnerability levels and disaster mitigation based on geographic information systems GIS in Prambanan District, Sleman Regency. *International Journal for Disaster and Development Interface*, 5(1), 1-14. <https://doi.org/10.53824/ijddi.v5i1.31>
- Dogra, S., & Bharti, R. (2025). Rainfall variability, soil susceptibility, and landslide vulnerability in Udhampur District in Jammu and Kashmir (India): A spatiotemporal assessment from 2014 to 2024. *Environmental Reports; an International Journal*. <https://doi.org/10.51470/ER.2025.7.2.220>
- Duan, Y., Ding, M., He, Y., Zheng, H., Delgado-Téllez, R., Sokratov, Durado, F., & Fuchs, S. (2025). Global projections of future landslide susceptibility under climate change. *Geoscience Frontiers*, 16(4), 102074. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2025.102074>
- Guzzetti, F., Mondini, A. C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., & Chang, K. T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*, 112(1-2), 42-66. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>
- Huang, F., Chen, J., Liu, W., Huang, J., Hong, H., & Chen, W. (2022). Regional rainfall-induced landslide hazard warning based on landslide susceptibility mapping and a critical rainfall threshold. *Geomorphology*, 408, 108236. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108236>
- Jayakody, S. H. S., Uzuoka, R., Ueda, K., & Xu, J. (2023). Unsaturated slopes behavior under antecedent intermittent rainfall patterns: centrifuge and numerical study. *Acta Geotechnica*, 18(11), 5773-5790. <https://doi.org/10.1007/s11440-023-02017-w>
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2021). Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021 tentang Basis Data dan Penyajian Peta Rencana Tata Ruang.
- Lanto, M. S., Syam, D. N., Wahyuni, A., & Kusmiran, A. (2022). Pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Barru menggunakan metode pembobotan parameter dan Inarisk Bnpb. *Jurnal Geosaintek*, 8(3), 250-259. <http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v8i>
- Rahmawati, D., & Priyono, K. D. (2024). Analisis tingkat kerawanan longsorlahan di Kecamatan Kismantoro Kabupaten Wonogiri dengan sistem informasi geografis (Unpublished

- undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Reichenbach, P., Rossi, M., Malamud, B. D., Mihir, M., & Guzzetti, F. (2018). A review of statistically-based landslide susceptibility models. *Earth-science reviews*, 180, 60-91. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.001>
- Rif'ah, K. D., Jamil, A. M. M., Suwito, S., & Kurniawati, D. (2024). Pemetaan tingkat kerawanan bencana tanah longsor menggunakan metode weighted overlay di Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *Journal of Geographical Sciences and Education*, 2(4), 139-154. <https://doi.org/10.69606/geography.v2i4.137>
- Shano, L., Raghuvanshi, T. K., & Meten, M. (2020). Landslide susceptibility evaluation and hazard zonation techniques—a review. *Geoenvironmental Disasters*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00152-0>