

# Pemodelan Zona Kerentanan Fenomena Gerakan Tanah di Wilayah Kecamatan Bayah dan Sekitarnya

## Menggunakan Data Fenomena Gerakan Tanah Berbasis Titik

Mohammad Faisal Rizal<sup>1,\*</sup>, Reza Syahputra<sup>1</sup>, dan Urwatul Wusqa<sup>1</sup>

Program Studi Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Pondok Cina, Beji, Depok, 16424, Indonesia

Narahubung: [mohammad.faisal91@ui.ac.id](mailto:mohammad.faisal91@ui.ac.id)

### Abstrak

Wilayah yang menjadi daerah penelitian berada pada kavling pemetaan geologi lanjutan milik penulis yang mencakup Kecamatan Bayah dan Cibeber di Kabupaten Lebak dengan luas area 6x6 km<sup>2</sup>. Daerah penelitian ini memiliki banyak lereng yang cukup curam dengan curah hujan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan persebaran area zona kerentanan gerakan tanah dalam piksel resolusi 15, 25, 35, dan 45. Dengan mendapati sebaran area berpotensi terjadinya gerakan tanah, peneliti dapat memvalidasi data untuk memastikan keakuratan hubungan antara faktor pemicu fenomena gerakan tanah dengan data fenomena gerakan tanah yang sudah terjadi di masa lampau. Adapun data yang digunakan berupa data kejadian longsor dan 8 faktor pemicu kejadian gerakan tanah. Dari faktor tersebut diolah menjadi 8 peta faktor pemicu kejadian gerakan tanah yang kemudian dilakukan perhitungan *Weight of Evidence* (WoE). Dari perhitungan WoE masing-masing piksel resolusi didapati nilai kontras yang digunakan untuk perhitungan peta *Landslide Susceptibility Index* (LSI). Dari peta LSI didapati suatu peta zona kerentanan gerakan tanah dengan piksel resolusi berbeda dengan pembagian indikatornya menjadi zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah, rendah, menengah, dan tinggi. Tahap terakhir ialah menggunakan metode *Area Under the Curvature* (AUC) didapati nilai tertinggi *success rate* berada pada piksel resolusi 15 (AUC = 0.736) dan *predictive rate* pada piksel resolusi 15 (AUC = 0.674), kemiringan 35-55°, elevasi 400-500m, aspek lereng barat laut, kurvatur *concave*, vegetasi sedang, kerapatan struktur 558.36 – 745.45 m/m<sup>2</sup>, kerapatan sungai sedang, dan curah hujan tinggi, adalah kelas faktor pemicu yang berpengaruh terhadap kejadian gerakan tanah.

**Kata Kunci:** Penginderaan jauh, fenomena gerakan tanah, faktor pemicu gerakan tanah, zona kerentanan gerakan tanah

## 1. Pendahuluan

Gerakan tanah merujuk pada peristiwa perpindahan massa batuan, tanah, atau campuran keduanya, yang dipicu oleh ketidakstabilan dari massa tersebut. Gempa, aktivitas gunung berapi (Triana, dkk. 2020), tingginya curah hujan, dan kemiringan lereng (Iqbal, dkk. 2024) adalah beberapa faktor pemicu gerakan tanah. Suatu fenomena dapat dianggap sebagai bencana jika menyebabkan kerusakan dan mengancam kehidupan manusia, salah satunya fenomena gerakan tanah.

Berdasarkan data yang tercatat pada Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) Dalam 20 tahun terakhir, terdapat 93 kali kejadian

gerakan tanah di Provinsi Banten, dan 49 diantaranya berasal dari Kabupaten Lebak yang menjadi lokasi penelitian ini. Mengingat keadaan topografi Kabupaten Lebak ini khususnya Kecamatan Bayah dan sekitarnya memiliki kemiringan lereng yang termasuk dalam kelas agak curam, ditambah curah hujan pertahunnya sebesar 3199.67 mm/tahun hingga 3745.24 mm/tahun yang termasuk dalam kelas cenderung tinggi berdasarkan data tahun 2004 hingga 2024 dari *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)* (2016-2024), menjadikan kedua parameter tersebut sebagian dari faktor penyebab terjadinya kejadian gerakan tanah pada daerah penelitian.

Peta zona kerentanan gerakan tanah adalah peta yang menggunakan data inventarisasi longsor ditambah dengan analisis parameter pemicu suatu kejadian gerakan tanah, dapat menghasilkan suatu peta yang menggambarkan sebaran zona kerentanan gerakan tanah. Inventarisasi data longsor dapat dilakukan secara pengukuran langsung di lapangan atau menggunakan aplikasi *remote sensing* untuk didapati interpretasi apakah suatu lokasi terjadi longsor tanpa harus melakukan pengukuran langsung ke lapangan.

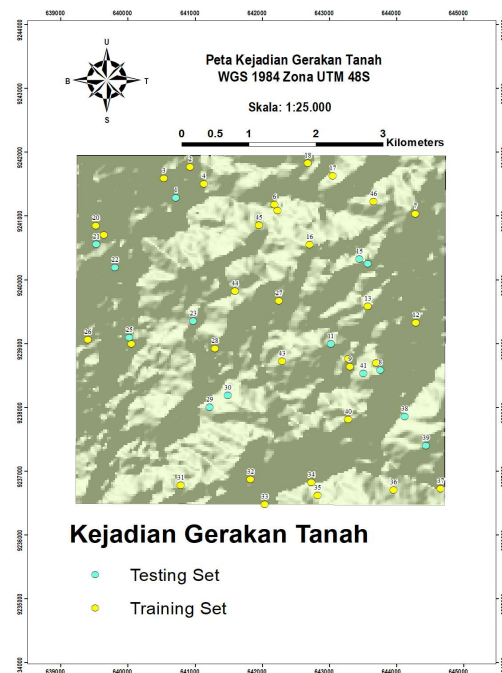
Dengan minimnya pembahasan tersebut, penulis ingin melakukan penelitian dengan bantuan pendekatan *remote sensing* untuk membuat gambaran sebaran area yang memiliki potensi terjadinya fenomena gerakan tanah.

## 2. Data dan Metode

### Data Kejadian Gerakan Tanah

Inventarisasi kejadian gerakan tanah dilakukan dengan intreprtasi secara visual yang mana pengambilan data mempertimbangkan karakteristik perbedaan spasial area seperti perubahan morfologi, vegetasi, dan kondisi drainase pada daerah potensi gerakan tanah (Soeters & Van Westen, 1996). Dengan menggunakan beberapa perbandingan foto satelit dengan bantuan fitur historical imagery perangkat lunak *Google Earth Pro* yang didapatkan dengan menandai beberapa area yang menjadi objek interpretasi tempat terjadinya gerakan tanah dalam rentang waktu paling awal bulan Mei 2014 hingga bulan September 2024 sebagai data titik. Dalam kurun waktu 10 tahun tersebut di dalam area penelitian seluas 6x6 km<sup>2</sup>, didapati jumlah titik sebanyak 46 kejadian gerakan tanah. Data kejadian gerakan tanah tersebut kemudian

dibagi menjadi dua set data menggunakan fitur subset features pada perangkat lunak ArcGIS untuk menentukan data testing set secara acak dari 46 kejadian gerakan tanah sehingga didapatkan juga data training set. Dengan menggunakan fitur tersebut, didapatkan 14 data testing set dan 32 data training set pada daerah penelitian sesuai dengan peta sebaran titik kejadian gerakan tanah pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik data kejadian gerakan tanah

### Pemodelan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Resolusi Piksel

Dalam pemodelan peta zona kerentanan gerakan tanah menggunakan penginderaan jauh, terdapat resolusi-resolusi yang dapat diubah untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih variatif, dengan tujuan agar mendapatkan gambaran perbandingan seberapa baik resolusi piksel dalam merepresentasikan data. Detail pada pemodelan peta zona kerentanan gerakan tanah dengan resolusi yang lebih rendah memberikan detail hasil yang kurang, sebaliknya pada pemodelan peta zona

kerentanan gerakan tanah dengan resolusi yang lebih tinggi memberikan detail hasil yang bagus. Dalam penelitian ini resolusi yang digunakan menggunakan ukuran piksel 15, 25, 35, dan 45.

### Analisis *Weight of Evidence* (WoE)

Metode *Weight of Evidence* (WoE) merupakan metode statistik bivariat yang digunakan untuk menghitung kemungkinan keterjadian dalam suatu fenomena gerakan tanah. Menurut Pamela dan Arifanti (2019), pendekatan metode ini dalam analisis fenomena gerakan tanah menggunakan hubungan antara pemicu fenomena gerakan tanah dengan data spasial fenomena gerakan tanah yang pernah terjadi pada daerah penelitian. Dalam jurnal Pamela & Arifanti (2019), sistem pembobotan WoE dibedakan menjadi positif ( $W^+$ ) yang merupakan kebolehan dan negatif ( $W^-$ ) yang merupakan ketidakbolehan gerakan tanah dalam suatu kelas parameter ( $N_{pix}$ ). Menurut Bonham-Carter (1994), penggunaan metode WoE menggunakan rumus berikut:

$$W^+ = \ln \left( \frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3} + N_{pix4}}} \right)$$

$$W^- = \ln \left( \frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3} + N_{pix4}}} \right)$$

$$\text{Contrast } (C) = W^+ - W^-$$

Keterangan:

- $N_{pix1}$  = Piksel fenomena gerakan tanah per kelas + Faktor per kelas
- $N_{pix2}$  = Piksel total fenomena – piksel fenomena gerakan tanah per kelas
- $N_{pix3}$  = Piksel kelas – piksel fenomena gerakan tanah per kelas

- $N_{pix4}$  = Total piksel daerah penelitian – total fenomena gerakan – piksel kelas + piksel fenomena gerakan tanah per kelas

Nilai dari  $W^+$  dan  $W^-$  menunjukkan bagaimana pengaruh suatu pemicu terhadap fenomena gerakan tanah. Suatu kelas faktor pemicu dapat dikatakan memiliki pengaruh signifikan terhadap fenomena gerakan tanah yang sudah terjadi apabila nilai  $W^+$  bernilai positif dan  $W^-$  bernilai negatif, sedangkan suatu kelas faktor pemicu dikatakan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap fenomena gerakan tanah apabila  $W^+$  bernilai negatif dan  $W^-$  bernilai positif.

Peta *Landslide Susceptibility Index* (LSI) dapat didapatkan dengan menjumlahkan seluruh nilai kontras ( $C$ ) dari masing masing faktor pemicu yang sudah dianalisis. Menurut Rasyid, Bhandary, & Ryuichi (2018), persamaan LSI dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$LSI = \sum C_n$$

Keterangan:

$C_n$  = Nilai kontras dari setiap faktor pemicu

### Validasi *Area Under Curvature* (AUC)

*Area Under the Curve* (AUC) adalah salah satu teknik pemanfaatan jenis statistik akurasi untuk model prediksi (probabilitas) dalam penilaian atau analisis bencana alam (Pimiento, 2010). AUC adalah grafik dari berbagai angka indeks biasanya antara nilai maksimum 1 atau setara dengan 100% dan 0,5 atau setara dengan 50%. Dari AUC, nilai dapat diklasifikasikan menjadi lima kelas yaitu 0,9 – 1 sebagai klasifikasi model yang sangat baik, 0,8 – 0,9 sebagai klasifikasi model yang baik, 0,7 – 0,8 sebagai klasifikasi model yang sedang atau moderat, dan < 0,6 sebagai klasifikasi model

yang buruk, sehingga parameter AUC minimum direkomendasikan dengan batas minimum 0,6. Semakin tinggi nilai AUC dari suatu parameter, semakin besar pengaruh fenomena gerakan tanahnya.

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Nilai AUC (Yesilnacar, 2005)

Nilai AUC	Indikator
0,9 – 1	Sangat Baik
0,8 – 0,9	Baik
0,7 – 0,8	Moderat
0,6 – 0,7	Buruk
Dibawah 0,6	Sangat Buruk

### Metode Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini secara garis besar dibagi menjadi tiga tahapan, antara lain pengumpulan data, pengolahan data, dan penyajian data. Berikut penjelasan dari masing-masing tahapan penelitian.

### Pengumpulan Data

Data primer yang akan dikumpulkan berupa inventarisasi fenomena gerakan tanah pada daerah penelitian selama 10 tahun terakhir dari

2014 hingga 2024 yang dikumpulkan dalam bentuk titik menggunakan Google Earth Pro. Selain itu untuk data-data sekunder yang dikumpulkan berupa data *Digital Elevation Model* (DEM) daerah penelitian, data Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) atau data curah hujan CHIRPS pada daerah penelitian selama 20 tahun terakhir mulai dari 2004-2024, data citra satelit Landsat-8 untuk analisis vegetasi, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan data kelurusan untuk analisis densitas struktur.

### Pengolahan Data

Sebagian besar data diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS sebagai media utama dalam pengolahan data penelitian ini dengan bantuan perangkat lunak lain seperti Microsoft Excel. Parameter yang akan dilakukan analisis untuk kebutuhan penelitian yaitu ketinggian, kemiringan lereng, aspek lereng, kurvatur lereng, NDVI, kerapatan struktur, kerapatan sungai, dan curah hujan. Setelah itu masing masing parameter dilakukan perhitungan *weight of evidence* dengan nilai kontrasnya digunakan dalam perhitungan peta *landslide susceptibility index* (LSI).

### Pembuatan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah

Peta *Landslide Susceptibility Index* (LSI) yang dihasilkan kemudian direklasifikasi menjadi empat zona kerentanan gerakan tanah. Pembagian kelas peta zona kerentanan gerakan tanah dibagi menjadi empat, yaitu sangat rendah (biru muda), rendah (hijau), moderat (kuning), dan tinggi (magenta) (Badan Geologi, 2018).

### Validasi Model Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah

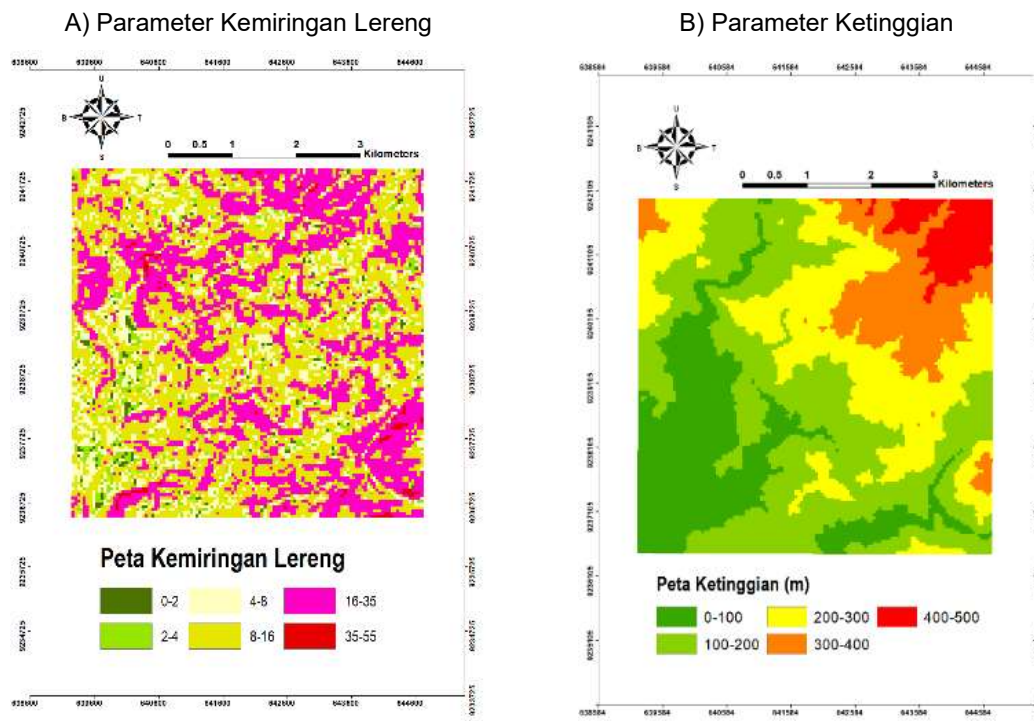
Dengan menggunakan 30% data test set serta 70% data training set (Arifiyanti, Pamela, Agustin, & Muslim, 2020) dari fenomena gerakan tanah yang digunakan penulis akan diolah kembali menggunakan pendekatan metode *Area Under Curvature* (AUC), data test set yang digunakan akan menggambarkan seberapa baik piksel yang digunakan dalam memodelkan zona kerentanan gerakan tanah yang akan terjadi di masa depan, sedangkan penggunaan data training set akan menggambarkan seberapa baik piksel yang digunakan dalam memodelkan zona kerentanan gerakan tanah yang terjadi di masa lampau. Pengolahan dibantu oleh fitur *Calculate ROC Curve and AUC Values* pada perangkat lunak ArcGIS.

### Penyajian Data

Semua data faktor pemicu fenomena gerakan tanah yang diolah disajikan dalam bentuk empat buah peta yang memiliki resolusi piksel 15, 25, 35, dan 45. Masing-masing faktor pemicu yang sudah dianalisis menggunakan metode *Weight of Evidence* (WoE) disajikan dalam bentuk tabel, kemudian menyajikan peta ZKGT yang didapati dari perhitungan nilai kontras (C) pada tabel perhitungan *Weight of Evidence* (WoE). Terakhir memvalidasi model peta ZKGT menggunakan metode *Area Under Curvature* (AUC) untuk melihat tingkat seberapa besar nilai AUC peta zona kerentanan gerakan tanah yang disajikan dalam bentuk tabel dan gabungan grafik kurva success rate dan kurva *predictive rate* dari resolusi piksel 15, 25, 35, dan 45.

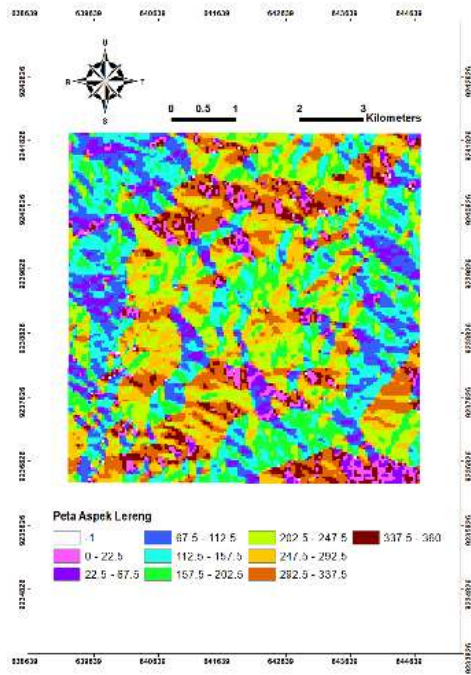
## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil Analisis Parameter Pemicu Gerakan Tanah

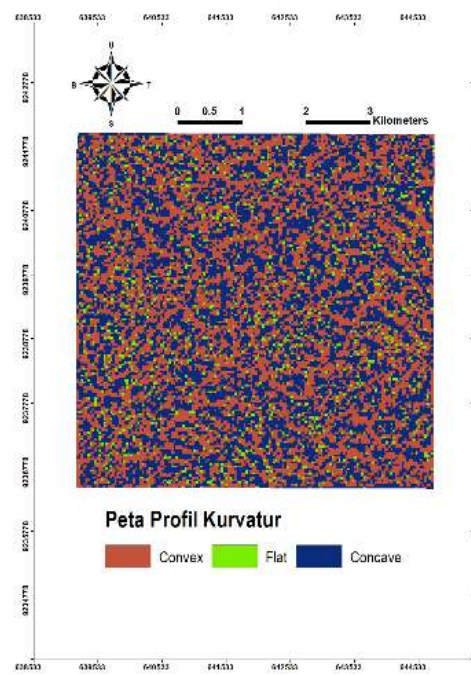




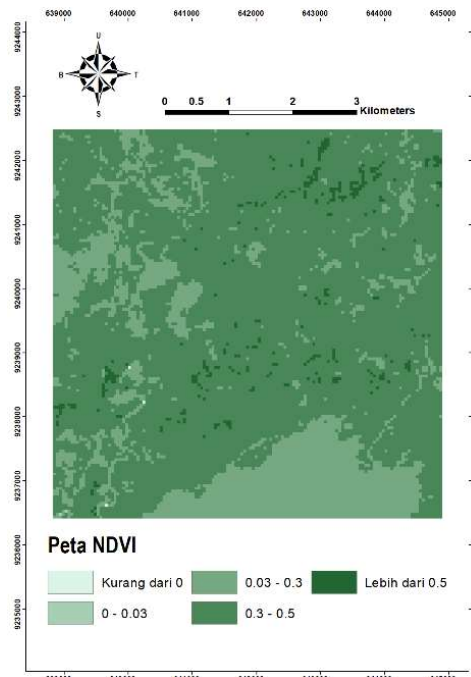
C) Parameter Aspek Lereng



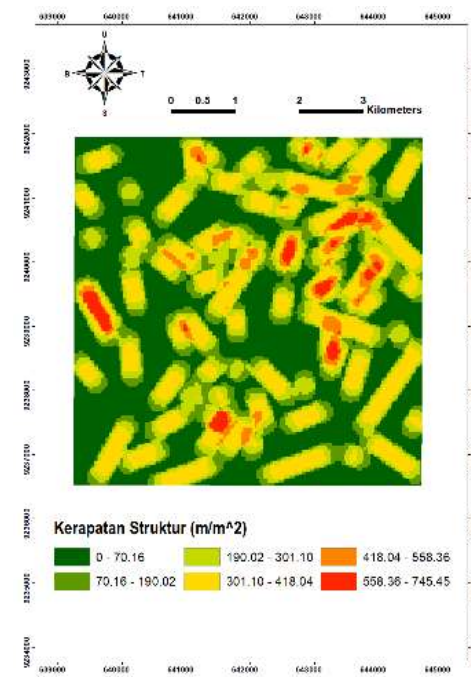
D) Parameter Kurvatur Lereng

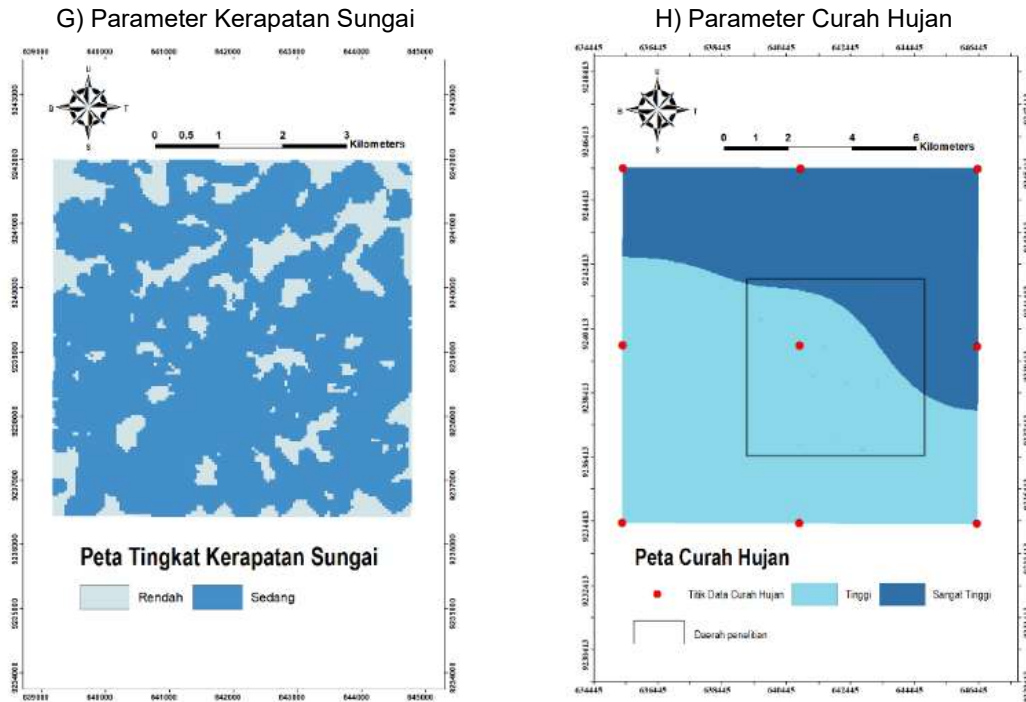


E) Parameter Vegetasi



F) Parameter Kerapatan Struktur





Gambar 3. Peta Parameter Kemiringan Lereng (A), Ketinggian (B), Aspek Lereng (C), Kurvatur Lereng (D), NDVI (E), Kerapatan Struktur (F), Kerapatan Sungai (G), dan Curah Hujan (H).

Berdasarkan Gambar 3., selanjutnya dilakukan perhitungan *weight of evidence* (WoE) yang didapati kelas-kelas yang paling berpengaruh

pada setiap faktor pemicunya yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelas paling berpengaruh di setiap parameter

Parameter	Kelas Paling Berpengaruh			
	Piksel Resolusi			
	15	25	35	45
Kemiringan Lereng	35-55°	35-55°	35-55°	35-55°
Ketinggian	400-500m	400-500m	100-200m	100-200m
Aspek Lereng	Barat Laut	Barat Laut	Barat Laut	Utara (337.5-360°)
Kurvatur Lereng	Concave	Concave	Concave	Concave
Vegetasi	0.03-0.3	0.03-0.3	0.03-0.3	0.03-0.3
Kerapatan Struktur	418.04-558.36 m/m <sup>2</sup>	418.04-558.36 m/m <sup>2</sup>	558.36 – 745.45 m/m <sup>2</sup>	558.36 – 745.45 m/m <sup>2</sup>
Kerapatan Sungai	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Curah Hujan	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

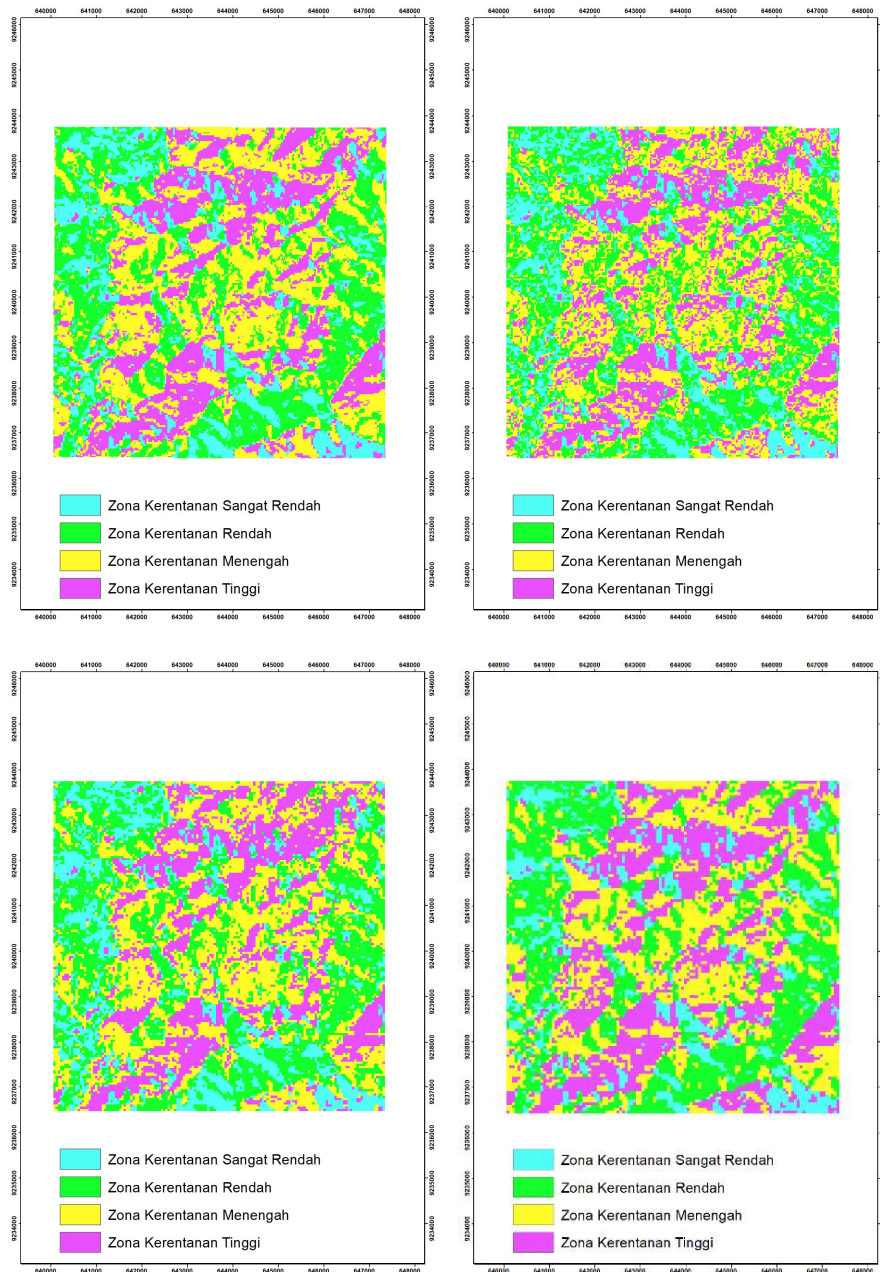
### Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah

Dari hasil yang diperoleh, daerah penelitian memiliki wilayah zona kerentanan gerakan tanah tinggi dengan persentase luas 22.6 – 27.3% dari seluruh daerah penelitian, zona kerentanan gerakan tanah menengah dengan

persentase luas 30.2% – 32.3% dari seluruh daerah penelitian, zona kerentanan gerakan tanah rendah dengan persentase luas 28.7 – 29.7% dari seluruh daerah penelitian, dan zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah dengan persentase luas 13.3 – 16.4% dari

seluruh daerah penelitian. Dari seluruh piksel resolusi peta zona kerentanan gerakan tanah, dapat dilihat bahwa kejadian tanah paling sedikit terjadi pada zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah di seluruh piksel resolusi 15 dan 25 dengan persentase 12.9% dari

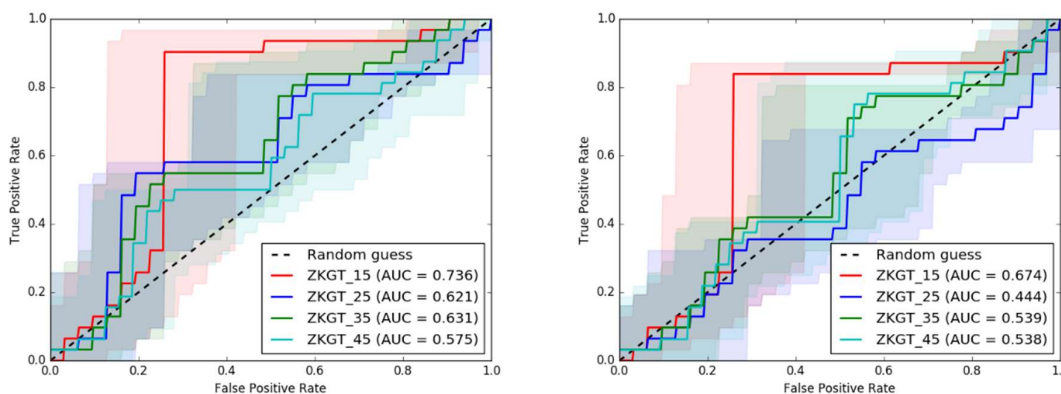
seluruh kejadian gerakan tanah dan paling banyak terjadi pada zona kerentanan gerakan tanah tinggi piksel 45 dengan persentase kejadian gerakan tanah 41.9% dari seluruh kejadian gerakan tanah di piksel resolusi tersebut.



Gambar 4. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Penelitian Piksel 15 (kiri atas), 25 (kanan atas), 35 (kiri bawah), dan 45 (kanan bawah)



**Validasi**



Gambar 5. Grafik *Success Rate* (atas) dan Grafik *Predictive Rate* (bawah)

Tabel 3. Nilai AUC pada *success rate* dan *predictive rate* tiap piksel peta ZKGT

Piksel	AUC	
	<i>Success Rate</i>	<i>Predictive Rate</i>
15	0.736	0.674
25	0.621	0.444
35	0.631	0.539
45	0.575	0.538

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengolahan data fenomena gerakan tanah berbasis titik di daerah penelitian yang berlokasi di Kecamatan Cibeber dan Kecamatan Bayah, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kelas kemiringan lereng 35-55°, elevasi 100 – 200 meter dan elevasi 400-500 meter, aspek lereng berorientasi barat laut dan utara (337.5-360°), *curvature* lereng *concave*, vegetasi dengan kelas 0.03-0.3, kerapatan struktur 418.04-558.36 m/m<sup>2</sup> dan 558.36 – 745.45 m/m<sup>2</sup>, kerapatan sungai sedang, dan curah hujan tinggi menjadi kelas-kelas parameter yang berpengaruh terhadap kejadian gerakan tanah secara keseluruhan.
2. Secara *success rate*, piksel resolusi 15 merupakan resolusi dengan nilai AUC tertinggi dengan nilai sebesar 0.736. Secara *predictive rate*, piksel resolusi 15 memiliki

nilai AUC tertinggi dengan nilai sebesar 0.674.

3. Pada daerah penelitian, dihasilkan empat wilayah zona kerentanan gerakan tanah, yaitu zona tinggi tersebar dengan persentase luas 22.6 – 27.3% dari seluruh daerah penelitian, wilayah zona menengah tersebar dengan persentase luas 30.2% – 32.3% dari seluruh daerah penelitian, wilayah zona rendah tersebar dengan persentase luas 28.7 – 29.7% dari seluruh daerah penelitian, dan wilayah zona sangat rendah tersebar dengan persentase luas 13.3 – 16.4% dari seluruh daerah penelitian.

**Sumber Data**

Data curah hujan diambil dari katalog curah hujan Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS). melalui:

<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS->

[2.0/indonesia\\_monthly/bils/](https://doi.org/10.3390/geosciences14030062) yang diakses pada tanggal 1 Februari 2025.

#### Daftar Pustaka

- Aleksova, B., Lukic, T., Milevski, I., Puhar, D., Markovic, S. B. (2023). *Preliminary Assessment of Geohazards' Impacts on Geodiversity in the Kratovska Reka Catchment (North Macedonia)*. <https://doi.org/10.3390/geosciences14030062>
- Atun, R. Kalkan, K., & Gursay, O. (2020). *Determining The Forest Fire Risk with Sentinel 2 Images*. Turkish Journal of Geoscience.
- Badan Geologi. (2018). Di Balik Pesona Palu Bencana Melanda Geologi Menata. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Baharudin, Nur A. (2014). Analisis Evaluasi Fungsi Kawasan Dengan Kondisi Lahan Existing Dan Rencana Tata Ruang Wilayah Di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Malang: Institut Teknologi Malang
- Berutu, K. B. K. (2020). Identifikasi Zona Rentan Longsor di Kabupaten Lebak Menggunakan *Frequency Ratio* dan *Logistic Regression Models*. Depok: Universitas Indonesia.
- Bonham-Carter, G.F. (1994). *Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS*. Pergamon: Oxford.
- Buckley, A. (2010). *Understanding Curvature Rasters*. ESRI.
- Capitani, M., Ribolini, A., Bini, M. (2013). *The Slope Aspect: A Predisposing Factor for Landsliding?*. Comptes Rendus Geoscience.
- Chen, W., Sun, Z., & Han, J. (2019). *Landslide Susceptibility Modeling Using Integrated Ensemble Weights of Evidence with Logistic Regression and Random Forest Models*. p. 5-10. doi:10.3390/app9010171.
- Erfani, S., Naimullah, M., Winardi, D. (2023). *GIS Scoring and Overlay Methods for Mapping Landslide Vulnerability in Lebak Regency, Banten*. DOI:10.20527/flux.v20i1.15057.
- Febby, B., Achu, A. L., Jimnisha, K., Ayisha, V. A., & Reghunath, R. (2020). *Landslide susceptibility modelling using integrated evidential belief function based logistic regression method: A study from Southern Western Ghats, India*. p. 7. Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 20, 100411. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100411>
- Filayati, M. Q., Patonah, A. & Haryanto, I. (2018). Struktur Geologi Daerah Cikadongdong Dan Sekitarnya, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, Padjadjaran Geoscience Journal. Vol.02, No. 03, p. 169-177. i-ISSN: 2597-4033.
- Hasegawa, S., Nakai, S., Dahal, R., & Nonomura, A. (2014). *Drainage Density as Rainfall Induced Landslides Susceptibility Index in Small Catchment Area*. *International Journal of Landslide and Environment* 1 (1): 27–28.
- Iqbal, Y. A., Fajarwati, Y., Aditya, I. N., & Lambu, G. L. (2024). Identifikasi kerentanan gerakan tanah berdasarkan kemiringan lereng dan curah hujan (Studi kasus: Dusun Ponces, Ggirimulyo, Kulon Progo). ISSN 2962-2697.
- Katili, J. A., Koesoemadinata, P. (1962). *Structural Pattern of South Banten and It's Relation to The Ore Bearing Veins*. Bandung : ITB. OCLC: 67913498.
- Kayastha, P., Dhital, M. R., & De Smedt, F. (2012). *Landslide susceptibility mapping using the weight of evidence method in the Tinau watershed, Nepal*. *Natural Hazards*, 63(2), 479–498. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0163-z>
- Kriegler, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F., & Richardson, W. (1969) *Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition*. *Remote Sens Environ* VI:97–132
- Llinca, V., Sandric, I., Chitu, Z., & Irimia, R. (2021). *UAV Applications to Assess Short-Term Dynamics of Slow-Moving Landslides Under Dense Forest Cover*. DOI:10.1007/s10346-022-01877-9.
- Luriyanto, A., Maulana, I., Wardani, S. P. R., Atmanto, I. D. (2014). Analisis Stabilitas Lereng Dan Alternatif Penanganannya : Studi Kasus Longsoran Pada Ruas Jalan Pringsurat Km. Mgl. 22+631 – 22+655 Kabupaten Temanggung. p. 861 – 889. Semarang: Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- M. Vishnu Vardhan, S. Harish Kumar, S. Mohan Kumar, S. Kundapura. (2023). *A NDVI Based Approach to Detect The Landslides by Using Google Earth Engine*. 2023 International Conference on Machine Intelligence for GeoAnalytics and Remote Sensing (MIGARS), Hyderabad, India, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/MIGARS57353.2023.10064592.
- Menteri Pertanian. (1980). Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 837/Kpts/Um/11/1980 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung. Jakarta
- Mickus, K., Jallouli, C. (1999). *Crustal Structure Beneath The Tell and Atlas Mountains (Algeria and Tunisia) Through The Analysis*

- Of Gravity Data*. DOI:10.1016/S0040-1951(99)00225-5.
- Nakizela, B. R., Nedala, S. (2020). *Topographic Influence on Landslides Characteristics and Implication for Risk Management in Upper Manafwa Catchment, Mt Elgon Uganda*. Geoenviron Disasters.
- Pamela, Arifanti Y. (2019). Metode Validasi Dalam Pemodelan Statistik Peta Kerentanan Gerakan Tanah Di Kabupaten Ciamis. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi: Bandung
- Pimiento, E. (2010). *Shallow Landslide Susceptibility; Modeling and Validation*. Lund: Lund University.
- Rasyid, A. R., Bhandary P. N., Ryuichi Yatabe. (2018). *Implementing Landslide Susceptibility Map at Watershed Scale of Lompobatang Mountain South Sulawesi, Indonesia*. Indonesian Journal of Geography.
- Saifuddin, A., Yusdian, M. F., Deristani, A. (2021). Analisis Kerawanan Longsor Di Kecamatan Lebakgedong Kabupaten Lebak Menggunakan Sistem Informasi Geografis. ISBN : 978-623-92801-1-6.
- Soeters, R., & van Westen, C. J. (1996). *Slope Instability Recognition, Analysis, and Zonation*. Dalam Turner, A. K., & Schuster, R. L. (1996). *Landslides, Investigation and Mitigation* (pp. 129-177). (Transportation Research Board Special Report; Vol. 247). National Academy Press.
- Soewarno. (1991). Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri), Nova, Bandung.
- Svancara, J., Gnojek, I., Hubatka, F., Dedacek, K. (2000). *Geophysical Field Pattern in The West Bohemian Geodynamic Active Area*. <https://doi.org/10.1023/A:1022175228804>
- Triana, D. Y., Iskandar, Firmansyah, M. N., Pamela. (2020). Faktor Geologi Dan Mekanisme Gerakan Tanah di Indonesia. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Volume 14, Nomor 2, Tahun 2020: 35-43.
- Usman, D. N., Sulaksana, N., Hirnawan, F., & Haryanto, I. (2018). Pola Deformasi (*Deformation Pattern*) Mineralisasi Emas Sulfida Rendah. p. 12-18. Promine Journal di Zona Neo-Tektonik Selat Sunda.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia (Issue v. 1)*. U.S. Government Printing Office.
- Van Zuidam. (1985). *Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphology Mapping*. ITC, Smits Publ., Enschede, The Hagu.
- Xianyu Yu, Kaixiang Zhang, Yinqu Song, Weiwei Jiang, Jianguo Zhou. (2021). *Study on Landslide Susceptibility Mapping Based on Rock–Soil Characteristic Factors*. Scientific Reports.
- Yesilnacar, E., Topal, T. (2005). *Landslide Susceptibility Mapping: A Comparison of Logistic Regression and Neural Networks Methods in a Medium Scale Study, Hendek Region (Turkey)*. p. 251 - 266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.02.002>.