

**PENENTUAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH  
MENGUNAKAN INTEGRASI METODE *WEIGHT OF EVIDENCE* DAN  
*LOGISTIC REGRESSION* DI KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI  
JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika Kelompok Bidang Kajian Fisika Kebumihan



Oleh

Sifa Muyassarah

2100069

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2025**

**PENENTUAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH  
MENGUNAKAN INTEGRASI METODE *WEIGHT OF EVIDENCE* DAN  
*LOGISTIC REGRESSION* DI KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI  
JAWA TIMUR**

Oleh

Sifa Muyassarah

NIM. 2100069

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Program Studi Fisika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam

© Sifa Muyassarah

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

## LEMBAR PENGESAHAN

SIFA MUYASSARAH

PENENTUAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGGUNAKAN  
INTEGRASI METODE *WEIGHT OF EVIDENCE* DAN *LOGISTIC REGRESSION*  
DI KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA TIMUR

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Nanang Dwi Ardi, S.Si., M.T.

NIP. 198012122005011002

Pembimbing II



Dr. Sumaryono, S.T., M.Eng.

NIP. 197307232006041001

Mengetahui

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PENENTUAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGGUNAKAN INTEGRASI METODE *WEIGHT OF EVIDENCE* DAN *LOGISTIC REGRESSION* DI KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA TIMUR**” ini beserta seluruh isinya adalah benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika dan aturan keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya penjiplakan dan pengutipan yang tidak sesuai dengan etika dan aturan keilmuan.

Bandung, Juli 2025



Sifa Muyassarah

NIM. 2100069

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat, hidayah, dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penentuan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Integrasi Metode *Weight of Evidence* dan *Logistic Regression* di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur**” dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan umat sepanjang masa.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan doa, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan skripsi ini. Dukungan dari keluarga, dosen pembimbing, serta teman-teman sangat berarti dan menjadi sumber semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kebencanaan dan pemodelan spasial.

Bandung, Juli 2025

Penulis,



Sifa Muyassarah

NIM. 2100069

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Kuswati dan Bapak Abdullah selaku orang tua penulis yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, cahaya doa, dan pengorbanan tanpa batas. Terima kasih atas cinta yang tulus, kesabaran yang tiada henti, serta dukungan moril dan materiil yang selalu mengiringi setiap langkah penulis. Terima kasih telah menjadi tempat pulang yang paling teduh dan nyaman, tempat di mana penulis menemukan ketenangan, semangat, dan alasan untuk terus melangkah.
3. Bapak Nanang Dwi Ardi, S.Si., M.T., selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan, dan saran yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Sumaryono, S.T., M.Eng., selaku pembimbing 2 dan pembimbing penelitian selama di PVMBG yang telah memberikan banyak ilmu, arahan teknis, serta dukungan selama proses penelitian.
5. Bapak Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika FPMIPA UPI yang selalu memberikan arahan dan dukungan dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
6. Ibu Dr. Mimin Iryanti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah dengan sabar membimbing penulis selama masa studi.
7. Seluruh dosen Program Studi Fisika FPMIPA, yang telah membagikan ilmu, wawasan, dan inspirasi selama masa studi penulis.
8. Seluruh staf di PVMBG, yang telah menerima penulis dengan sangat baik selama proses penelitian. Terima kasih pengalaman berharga yang diberikan.

9. Naufal dan Dika, selaku adik dan kakak penulis, yang telah memberikan dukungan moral dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.
10. Rizki Aulia, sahabat terbaik penulis sejak tahun 2016, yang telah menjadi ruang aman, tempat bercerita, berbagi tawa, air mata, dan segala hal yang tak bisa dibagi ke sembarang orang. Terima kasih telah menjadi sahabat yang baik, yang selalu hadir di berbagai fase hidup penulis, menerima dengan segala kelebihan dan kekurangan, serta tak pernah lelah mendengarkan dan mendukung penulis.
11. Annisya Salsabila Handoko, sahabat penulis selama masa perkuliahan sekaligus partner skripsi yang telah menjadi teman seperjuangan dalam menghadapi berbagai tantangan akademik. Terima kasih atas kebersamaan, berbagi ilmu, motivasi, dan tawa yang diberikan dengan ikhlas sehingga membuat proses ini terasa lebih ringan dan menyenangkan.
12. Ayumi dan Annisya, selaku sahabat penulis selama masa perkuliahan, yang telah menjadi teman dalam berbagai dinamika kehidupan kampus.
13. Tia, Alyzza, Sabrina, dan Aat, sahabat penulis sejak masa MTS. Terima kasih atas persahabatan yang tak lekang oleh waktu, serta atas semua tawa, cerita, dan dukungan yang selalu hadir bahkan dari kejauhan.
14. Salman dan Anjani, sahabat seperjuangan sejak masa SMA. Terima kasih atas kebersamaan sejak hari-hari sibuk belajar di bangku sekolah hingga menapaki dunia perkuliahan.
15. Teman-teman Fisika Kebumian 21, yang telah menjadi rekan diskusi, berbagi ilmu, dan bertumbuh bersama selama menjalani perkuliahan.
16. Teman-teman Physical 21, yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama masa kuliah. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, dan kerja sama yang menjadikan pengalaman perkuliahan ini penuh warna.
17. Kiko, kucing kesayangan penulis, yang selalu setia menemani di setiap malam lembur, memberikan kenyamanan di tengah lelah, dan menjadi sumber ketenangan selama proses penyusunan skripsi ini.
18. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, bantuan, doa, maupun semangat selama proses penyusunan skripsi ini.

19. *Last but not least*, terima kasih kepada wanita hebat, diri saya sendiri, Sifa Muyassarrah. Terima kasih telah mampu bertahan, bahkan ketika hati dan pikiran tidak selalu berada dalam kondisi terbaik. Untuk setiap malam yang diiringi air mata dan dijawab dengan semangat baru di pagi harinya juga untuk setiap keraguan yang dihadapi dengan keberanian, sekecil apa pun itu. Terima kasih telah memilih untuk tidak menyerah, untuk terus belajar dan berkembang, serta untuk tetap mencoba meskipun pernah gagal. Terima kasih telah menjadi rumah bagi harapan, ruang bagi mimpi, dan tempat bagi proses perubahan yang tak pernah berhenti.

Bandung, Juli 2025

Penulis,



Sifa Muyassarrah



## ABSTRAK

### PENENTUAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGUNAKAN INTEGRASI METODE *WEIGHT OF EVIDENCE* DAN *LOGISTIC REGRESSION* DI KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA TIMUR

Nama : Sifa Muyassarah

Dosen Pembimbing 1 : Nanang Dwi Ardi, S.Si., M.T.

Dosen Pembimbing 2 : Dr. Sumaryono, S.T., M.Eng.

Kabupaten Trenggalek menjadi wilayah dengan tingkat kerawanan gerakan tanah tertinggi di Jawa Timur dalam lima tahun terakhir, dengan 200 kejadian dari total 362 kejadian di provinsi ini. Kondisi tersebut menegaskan pentingnya pengembangan model pemetaan kerentanan yang mampu merepresentasikan kompleksitas spasial dan geologis secara akurat guna mendukung efektivitas mitigasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter dominan gerakan tanah, memodelkan zona kerentanan secara spasial, serta mengevaluasi akurasi model menggunakan integrasi metode *Weight of Evidence* (WoE) dan *Logistic Regression* (LR). Dua belas parameter telah dianalisis, mencakup elevasi, kemiringan lereng, arah lereng, kelengkungan lereng, tata guna lahan, struktur, curah hujan, NDVI, litologi, jarak terhadap sungai, serta jarak dari jalan. Sebanyak 228 titik longsor digunakan dan dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data validasi. WoE digunakan untuk menghitung bobot spasial dan menyeleksi parameter berdasarkan nilai *Area Under Curve* (AUC) dari kurva *Receiver Operating Curve* (ROC), sedangkan LR digunakan untuk membangun model multivariat. Hasil menunjukkan lima parameter dominan dengan  $AUC \geq 0,6$  adalah elevasi, kemiringan lereng, arah lereng, tata guna lahan, dan litologi. Model WoE menghasilkan nilai AUC sebesar 0,869 untuk *success rate* dan 0,853 untuk *prediction rate*, sedangkan model WoE-LR mencapai AUC sebesar 0,873 untuk *success rate* dan 0,842 untuk *prediction rate*. Berdasarkan klasifikasi interpretasi ROC, nilai-nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat baik. Parameter kemiringan lereng dan tata guna lahan memberikan kontribusi signifikan terhadap potensi gerakan tanah, sedangkan jarak dari jalan dan curah hujan berkontribusi paling rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi WoE dan LR mampu meningkatkan akurasi pemodelan dan mendukung mitigasi gerakan tanah berbasis spasial.

**Kata kunci:** gerakan tanah, pemetaan kerentanan, *weight of evidence*, *logistic regression*, auc, trenggalek

## **ABSTRACT**

### **LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ZONATION USING INTEGRATED WEIGHT OF EVIDENCE AND LOGISTIC REGRESSION METHODS IN TRENGGALEK REGENCY EAST JAVA PROVINCE**

Name : Sifa Muyassarrah  
Thesis Advisor 1 : Nanang Dwi Ardi, S.Si., M.T.  
Thesis Advisor 2 : Dr. Sumaryono, S.T., M.Eng.

*Trenggalek Regency has become the region with the highest level of landslide susceptibility in East Java over the past five years, with 200 events out of 362 in the province. This condition emphasizes the importance of developing a susceptibility mapping model that can accurately represent spatial and geological complexities to support effective mitigation. This study aims to identify dominant landslide-triggering parameters, spatially model susceptibility zones, and evaluate model accuracy using an integration of the Weight of Evidence (WoE) and Logistic Regression (LR) methods. Twelve parameters were analyzed, including elevation, slope, aspect, curvature, land use, structure, rainfall, NDVI, lithology, distance to rivers, and distance to roads. A total of 228 landslide points were used and divided into 80% training and 20% validation data. WoE was used to calculate spatial weights and select parameters based on Area Under Curve (AUC) values from the Receiver Operating Curve (ROC), while LR was used to build a multivariate model. Five dominant parameters with  $AUC \geq 0.6$  were elevation, slope, aspect, land use, and lithology. The WoE model produced AUC values of 0.869 for success rate and 0.853 for prediction rate, while the integrated WoE – LR model achieved AUC values of 0.873 and 0.842, respectively. Based on ROC interpretation, these values fall into the very good category. Slope and land use showed the highest contribution to landslide potential, while distance to roads and rainfall had the lowest. These findings indicate that integrating WoE and LR improves model accuracy and supports spatial-based landslide mitigation.*

**Keywords:** landslide, susceptibility mapping, weight of evidence, logistic regression, auc, trenggalek.

## DAFTAR ISI

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                   | i    |
| PERNYATAAN.....                                           | ii   |
| KATA PENGANTAR .....                                      | iii  |
| UCAPAN TERIMA KASIH.....                                  | iv   |
| ABSTRAK .....                                             | vii  |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                     | viii |
| DAFTAR ISI.....                                           | ix   |
| DAFTAR TABEL .....                                        | xiii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                       | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                   | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                 | 5    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                | 5    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                               | 6    |
| 1.5 Sistematika Penulisan.....                            | 6    |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA .....                               | 7    |
| 2.1 Geologi Daerah Penelitian.....                        | 7    |
| 2.2 Struktur Geologi Daerah Penelitian .....              | 8    |
| 2.3 Gerakan Tanah .....                                   | 9    |
| 2.4 Faktor yang Memengaruhi Terjadinya Gerakan Tanah..... | 13   |
| 2.4.1 Elevasi.....                                        | 14   |
| 2.4.2 Kemiringan Lereng .....                             | 18   |
| 2.4.3 Kelengkungan ( <i>Curvature</i> ) .....             | 21   |
| 2.4.4 Arah Lereng ( <i>Aspect</i> ).....                  | 22   |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.5 Tata Guna Lahan.....                                                                             | 25 |
| 2.4.6 Jarak Terhadap Sungai.....                                                                       | 26 |
| 2.4.7 Jarak Terhadap Jalan.....                                                                        | 26 |
| 2.4.8 Jarak dari Struktur Geologi.....                                                                 | 27 |
| 2.4.9 Litologi.....                                                                                    | 27 |
| 2.4.10 Curah Hujan.....                                                                                | 28 |
| 2.4.11 <i>Normalized Differential Vegetation Index (NDVI)</i> .....                                    | 32 |
| 2.5 Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah .....                                                       | 33 |
| 2.6 Inventarisasi Gerakan Tanah .....                                                                  | 33 |
| 2.7 Kerentanan Gerakan Tanah .....                                                                     | 34 |
| 2.8 Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah .....                                                              | 35 |
| 2.9 <i>Weight of Evidence (WoE)</i> .....                                                              | 36 |
| 2.10 <i>Logistic Regression (LR)</i> .....                                                             | 42 |
| 2.11 Metode Integrasi <i>Weight of Evidence (WoE)</i> dan Metode <i>Logistic Regression (LR)</i> ..... | 44 |
| 2.12 Validasi Menggunakan <i>Area Under Curve (AUC)</i> .....                                          | 46 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....                                                                     | 50 |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....                                                                   | 50 |
| 3.2 Diagram Alir.....                                                                                  | 50 |
| 3.3 Desain Penelitian .....                                                                            | 51 |
| 3.4 Tahap Pengumpulan Data .....                                                                       | 52 |
| 3.4.1 Titik Gerakan Tanah .....                                                                        | 52 |
| 3.4.2 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i> .....                                                       | 53 |
| 3.4.3 Rupa Bumi Indonesia (RBI) .....                                                                  | 54 |
| 3.4.4 Geologi.....                                                                                     | 55 |
| 3.4.5 Curah Hujan.....                                                                                 | 56 |

|                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4.6 Citra Satelit Sentinel-2.....                                                                                                                                                  | 57  |
| 3.5 Tahap Pengolahan Data.....                                                                                                                                                       | 57  |
| 3.5.1 Data Titik Gerakan Tanah.....                                                                                                                                                  | 58  |
| 3.5.2 Elevasi.....                                                                                                                                                                   | 59  |
| 3.5.3 Kemiringan Lereng ( <i>Slope</i> ) .....                                                                                                                                       | 60  |
| 3.5.4 Kelengkungan lereng .....                                                                                                                                                      | 62  |
| 3.5.5 Arah Lereng ( <i>Aspect</i> ).....                                                                                                                                             | 64  |
| 3.5.6 Tata Guna Lahan.....                                                                                                                                                           | 65  |
| 3.5.7 Jarak dari Sungai.....                                                                                                                                                         | 67  |
| 3.5.8 Jarak dari Jalan.....                                                                                                                                                          | 69  |
| 3.5.9 Litologi.....                                                                                                                                                                  | 71  |
| 3.5.10 Curah Hujan.....                                                                                                                                                              | 73  |
| 3.5.11 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI).....                                                                                                                     | 76  |
| 3.6 Analisis Parameter dengan <i>Weight of Evidence</i> (WoE) .....                                                                                                                  | 78  |
| 3.7 Analisis Menggunakan Metode <i>Logistic Regression</i> (LR) .....                                                                                                                | 80  |
| 3.8 Validasi Model Menggunakan <i>Area Under the Curve</i> (AUC).....                                                                                                                | 83  |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                                                                                                                    | 85  |
| 4.1 Identifikasi Parameter Dominan Menggunakan Metode <i>Weight of Evidence</i> (WoE) .....                                                                                          | 85  |
| 4.2 Analisis Zona Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Model <i>Weight of Evidence</i> (WoE) dan Integrasi <i>Weight of Evidence</i> (WoE) dan <i>Logistic Regression</i> (LR) ..... | 100 |
| 4.2.1 Zona Kerentanan Gerakan Tanah Metode <i>Weight of Evidence</i> (WoE) .....                                                                                                     | 100 |
| 4.2.2 Zona Kerentanan Gerakan Tanah Integrasi Metode <i>Weight of Evidence</i> (WoE) dan <i>Logistic Regression</i> (LR) .....                                                       | 102 |

|                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3 Validasi Hasil Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah menggunakan<br><i>Area Under Curve</i> (AUC) .....                                                         | 106 |
| 4.3.1 Validasi Hasil Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Metode<br><i>Weight of Evidence</i> (WoE).....                                                           | 106 |
| 4.3.2 Validasi Hasil Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Integrasi<br>Metode <i>Weight of Evidence</i> (WoE) dan <i>Logistic Regression</i> (LR).....             | 108 |
| 4.4 Validasi Model Kerentanan Gerakan Tanah Integrasi Metode <i>Weight of<br/>Evidence</i> (WoE) dan <i>Logistic Regression</i> (LR) Berdasarkan Citra Satelit ..... | 111 |
| BAB V KESIMPULAN .....                                                                                                                                               | 124 |
| 5.1 Simpulan.....                                                                                                                                                    | 124 |
| 5.2 Implikasi .....                                                                                                                                                  | 125 |
| 5.3 Saran .....                                                                                                                                                      | 126 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                                                                 | 127 |
| LAMPIRAN.....                                                                                                                                                        | 136 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Longsor (Cruden & Varnes, 1966). .....                                                        | 13  |
| Tabel 2.2 Klasifikasi Kemiringan Lereng berdasarkan USDA (United States<br>Department of Agriculture) (USDA, 2016). ..... | 21  |
| Tabel 2.3 Klasifikasi Nilai AUC (Pourghasemi dkk., 2012). .....                                                           | 49  |
| Tabel 3.1 Klasifikasi Kemiringan Lereng berdasarkan USDA (United States<br>Department of Agriculture) (USDA, 2016). ..... | 61  |
| Tabel 3.2 Klasifikasi Nilai Plan dan Profile Curvature.....                                                               | 63  |
| Tabel 3.3 Klasifikasi Arah Lereng (Aspect) .....                                                                          | 64  |
| Tabel 3.4 Klasifikasi Penggunaan Lahan di Daerah Penelitian .....                                                         | 66  |
| Tabel 3.5 Klasifikasi Jarak dari Sungai di Daerah Penelitian.....                                                         | 68  |
| Tabel 3.6 Klasifikasi Jarak dari Jalan di Daerah Penelitian.....                                                          | 70  |
| Tabel 3.7 Klasifikasi litologi di daerah penelitian .....                                                                 | 73  |
| Tabel 3. 8 Klasifikasi litologi di daerah penelitian .....                                                                | 75  |
| Tabel 3.9 Klasifikasi Nilai NDVI daerah penelitian.....                                                                   | 77  |
| Tabel 3.10 Tabel bobot WoE yang telah disederhanakan untuk digunakan dalam<br>proses Join.....                            | 79  |
| Tabel 3.11 Klasifikasi Nilai AUC (Pourghasemi dkk., 2012). .....                                                          | 84  |
| Tabel 4.1 Hasil dari analisis bobot setiap parameter menggunakan <i>Weight of<br/>Evidence</i> (WoE) .....                | 85  |
| Tabel 4.2 Parameter dengan Nilai AUC $\geq 0,6$ .....                                                                     | 99  |
| Tabel 4.3 Persentase Luas Area Zona Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan<br>Metode WoE .....                              | 100 |
| Tabel 4.4 Nilai Koefisien Regresi Logistic Regression untuk Parameter Dominan<br>.....                                    | 103 |
| Tabel 4.5 Persentase Luas Area Zona Kerentanan Gerakan Tanah Integrasi<br>Metode WoE dan LR .....                         | 105 |
| Tabel 4.6 Tabel Persentase Zona Kerentanan Gerakan Tanah per Kecamatan ..                                                 | 112 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Peta Geologi Kabupaten Trenggalek.....                                                                                                                                                                                                      | 7  |
| Gambar 2.2 Struktur Pulau Jawa (Pulunggono & Martodjojo, 1994).....                                                                                                                                                                                    | 9  |
| Gambar 2.3 Klasifikasi Longsor (dimodifikasi dari Varnes, 1978). ....                                                                                                                                                                                  | 12 |
| Gambar 2. 4 Ilustrasi Gaya Gravitasi pada Massa Tanah di Lereng.....                                                                                                                                                                                   | 19 |
| Gambar 2.5 Ilustrasi plan dan profile curvature (Heine dkk., 2004) .....                                                                                                                                                                               | 22 |
| Gambar 2.6 Ilustrasi Arah Lereng (Marchio dkk., 2024) .....                                                                                                                                                                                            | 24 |
| Gambar 2. 7 Ilustrasi Curah Hujan (a) lereng sebelum terjadinya longsor, (b)<br>lereng saat hujan lebat, (c) lereng setelah terjadinya longsor (Chrobak & Cebulski,<br>2014). ....                                                                     | 29 |
| Gambar 2.9 Prinsip Mode WoE menurut (Sifa dkk., 2020).....                                                                                                                                                                                             | 38 |
| Gambar 2.10 Contoh Kurva ROC .....                                                                                                                                                                                                                     | 48 |
| Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian .....                                                                                                                                                                                                                | 50 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                                                                                                                               | 51 |
| Gambar 3.3 Sebaran titik gerakan tanah di Kabupaten Trenggalek berdasarkan<br>data PVMBG. (a) Overlay titik gerakan tanah dengan daerah penelitian pada citra<br>Google Earth Pro; (b) Lokasi gerakan tanah yang menunjukkan indikasi longsor<br>..... | 53 |
| Gambar 3.4 Tampilan portal unduhan DEMNAS pada laman Tanah Air Indonesia<br>.....                                                                                                                                                                      | 54 |
| Gambar 3.5 Tampilan antarmuka portal pengunduhan data Rupa Bumi Indonesia<br>(RBI) dari laman Tanah Air Indonesia.....                                                                                                                                 | 55 |
| Gambar 3.6 Tampilan laman Geomap saat melakukan pengunduhan data geologi<br>Kabupaten Trenggalek .....                                                                                                                                                 | 55 |
| Gambar 3.7 Data CHIRPS pada laman UCSB.....                                                                                                                                                                                                            | 56 |
| Gambar 3.8 Tampilan laman Copernicus Browser saat menentukan daerah analisis<br>Sentinel-2 .....                                                                                                                                                       | 57 |
| Gambar 3.9 Peta sebaran titik gerakan tanah data pelatihan dan data validasi<br>Kabupaten Trenggalek .....                                                                                                                                             | 59 |
| Gambar 3.10 Peta elevasi hasil klasifikasi di wilayah Kabupaten Trenggalek.....                                                                                                                                                                        | 60 |
| Gambar 3.11 Peta klasifikasi kemiringan lereng berdasarkan standar USDA.....                                                                                                                                                                           | 62 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 3.12 Peta klasifikasi Profile Curvature di Kabupaten Trenggalek .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 63  |
| Gambar 3.13 Peta klasifikasi Plan Curvature di Kabupaten Trenggalek.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 64  |
| Gambar 3.14 Peta arah lereng hasil klasifikasi .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 65  |
| Gambar 3.15 Peta arah lereng hasil klasifikasi .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 67  |
| Gambar 3.16 Peta hasil klasifikasi jarak dari sungai di Kabupaten Trenggalek<br>berdasarkan analisis Euclidean Distance .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 69  |
| Gambar 3.17 Peta hasil klasifikasi jarak dari jalan di Kabupaten Trenggalek<br>berdasarkan analisis Euclidean Distance .....                                                                                                                                                                                                                                                              | 71  |
| Gambar 3.18 Peta litologi Kabupaten Trenggalek hasil konversi dari data polygon<br>ke raster. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 72  |
| Gambar 3.19 Peta hasil klasifikasi Curah Hujan di Kabupaten Trenggalek.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 76  |
| Gambar 3.21 Peta hasil klasifikasi NDVI di Kabupaten Trenggalek .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 78  |
| Gambar 3.22 Output hasil analisis regresi logistik biner dari SPSS .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 82  |
| Gambar 4.1 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Metode WoE .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 100 |
| Gambar 4.2 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Integrasi Metode WoE dan LR<br>di Kabupaten Trenggalek .....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 105 |
| Gambar 4.3 (a) Grafik validasi succes rate dan (b) prediction rate pada peta zona<br>kerentanan gerakan tanah menggunakan metode WoE. ....                                                                                                                                                                                                                                                | 107 |
| Gambar 4.4 (a) Grafik validasi succes rate dan (b) prediction rate pada peta zona<br>kerentanan gerakan tanah menggunakan metode LR.....                                                                                                                                                                                                                                                  | 108 |
| Gambar 4.5 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Hasil Integrasi Metode Weight<br>of Evidence (WoE) dan Logistic Regression (LR) serta Validasi Menggunakan<br>Citra Satelit per Kecamatan: (a) Bendungan, (b) Tugu, (c) Pule, (d) Suruh, (e)<br>Dongko, (f) Panggul, (g) Kampak, (h) Trenggalek, (i) Karangan, (j) Pogalan, (k)<br>Durenan, (l) Gandusari, (m) Watulimo, (n) Munjungan..... | 113 |

## DAFTAR PUSTAKA

- Ayalew, L., & Yamagishi, H. (2005). Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River watershed, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides*, 2, 173–183.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (n.d.). *Data dan Informasi Bencana Indonesia (DIBI)*.
- Barbieri, G., & Cambuli, P. (2009, July). The Weight of Evidence Statistical Method in Landslide Susceptibility Mapping of the Rio Pardu Valley (Sardinia, Italy). *18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings*.
- Batar, A. K., & Watanabe, T. (2021). Landslide Susceptibility Mapping and Assessment Using Geospatial Platforms and Weights of Evidence (WoE) Method in the Indian Himalayan Region: Recent Developments, Gaps, and Future Directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3), 114. <https://doi.org/10.3390/ijgi10030114>
- Bonham-Carter, G. F. (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Pergamon.
- Cao, Y., Wei, X., Fan, W., Nan, Y., Xiong, W., & Zhang, S. (2021). Landslide susceptibility assessment using the Weight of Evidence method: A case study in Xunyang area, China. *PLOS ONE*, 16(1), e0245668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245668>
- Cemiloglu, A., Zhu, L., Mohammednour, A. B., Azarafza, M., & Nanehkaran, Y. A. (2023). Landslide Susceptibility Assessment for Maragheh County, Iran, Using the Logistic Regression Algorithm. *Land*, 12(7), 1397. <https://doi.org/10.3390/land12071397>

- Chauhan, S., Sharma, M., & Gupta, N. (210 C.E.). Landslide Susceptibility Zonation through Frequency Ratio, Fuzzy Gamma Operator and Weights of Evidence Models. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38, 191–204.
- Chen, L., Guo, H., Gong, P., Yang, Y., Zuo, Z., & Gu, M. (2021). Landslide susceptibility assessment using weights-of-evidence model and cluster analysis along the highways in the Hubei section of the Three Gorges Reservoir Area. *Computers & Geosciences*, 156, 104899. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2021.104899>
- Chen, W., Pourghasemi, H. R., Kornejady, A., & Xie, X. (2019). GIS-Based Landslide Susceptibility Evaluation Using Certainty Factor and Index of Entropy Ensembled with Alternating Decision Tree Models. In H. R. Pourghasemi & M. Rossi (Eds.), *Natural Hazards GIS-Based Spatial Modeling Using Data Mining Techniques* (Vol. 48, pp. 225–251). Springer International Publishing. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-73383-8\\_10](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-73383-8_10)
- Chrobak, A., & Cebulski, J. (2014). Landslides in the Polish Carpathians as the potential educational geosites. *Current Issues of Tourism Research*, 4, 38.
- Chung, C. J. F., & Fabbri, A. G. (2003). Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. *Natural Hazards*, 30, 451–472.
- Clerici, A., Perego, S., Tellini, C., & Vesperini, M. (2010). Applying Grid and Object-Based Image Analysis to Detect Landslide Scars in a Semi-Arid Environment. *International Journal of Remote Sensing*, 31, 5169–5188.
- Cruden, D. M. (1991). A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1966). Landslide Types and Processes. In *Landslide: Investigation and Mitigation* (pp. 36–75).

- Dai, F. C., & Lee, C. F. (2002). Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, 42(3–4), 213–228. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00087-3)
- Dai, F., & Lee, C.-F. (2002). Landslide Characteristics and Slope Instability in Hong Kong. *Environmental Geology*, 43, 252–272.
- Dam, N. D., Amiri, M., Al-Ansari, N., Prakash, I., Le, H. Van, Nguyen, H. B. T., & Pham, B. T. (2022). Evaluation of Shannon Entropy and Weights of Evidence Models in Landslide Susceptibility Mapping for the Pithoragarh District of Uttarakhand State, India. *Advances in Civil Engineering*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/6645007>
- De Blasio, F. V. (2011). *Introduction to the Physics of Landslides*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1122-8>
- Ermini, L., Catani, F., & Casagli, N. (2005). Landslide Susceptibility Mapping at a Regional Scale Using Logistic Regression. *Geomorphology*, 86, 505–524.
- Febriarta, E., Larasati, A., Suherningtyas, I. A., Permatasari, A. L., Nucifera, F., & Riasasi, W. (2024). Penentuan Zona Kerawanan Gerakan Tanah Dengan Spatial Multi Criteria di Kabupaten Bangkalan, Madura. *Geomedia Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 22(2), 120–133. <https://doi.org/10.21831/gm.v22i2.63805>
- Feby, M., Daud, M., & Syahputra, R. (2020). Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah dengan Metode Frequency Ratio di Kecamatan Sukaraja, Kabupaten Bogor. *Jurnal Geoteknologi*, 6(1), 1–15.
- Gatdula, M., & Dhakal, A. (2019). Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models in Benguet Province, Philippines. *Geosciences*, 9(4), 157.
- Gentilucci, M., Pelagagge, N., Rossi, A., Domenico, A., & Pambianchi, G. (2023). Landslide Susceptibility Using Climatic–Environmental Factors Using the

- Weight-of-Evidence Method—A Study Area in Central Italy. *Applied Sciences*, 13(15), 8617. <https://doi.org/10.3390/app13158617>
- Getachew, G., & Meten, M. (2021). Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning Algorithms in Dessie and Surrounding Areas, Northeastern Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*, 8(1), 1–20.
- Guzzetti, F., Mondini, A., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., & Chang, K.-T. (2012). Mapping Landslides and Floods in the North of Italy. *Geomorphology*, 194, 14–32.
- Hamilton, W. (1979). *Tectonics of the Indonesian Region*. U.S. Geological Survey.
- Heine, R. A., Lant, C. L., & Sengupta, R. R. (2004). Development and Comparison of Approaches for Automated Mapping of Stream Channel Networks. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(3), 477–490. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.00409.x>
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (n.d.). *Applied Logistic Regression* (2nd ed.). Wiley.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression* (Second Edition). Wiley-Interscience.
- Jones, C. M., & Athanasiou, T. (2005). Summary Receiver Operating Characteristic Curve Analysis Techniques in the Evaluation of Diagnostic Tests. *The Annals of Thoracic Surgery*, 79(1), 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2004.09.040>
- Kanungo, D. P., Arora, M. K., Sarkar, S., & Gupta, R. P. (2006). A Comparative Study of Conventional, ANN Black Box, Fuzzy and Fuzzy-ANN Bivariate Landslide Susceptibility Models. *Engineering Geology*, 85, 17–29.
- Kusumo, D., & Nursari, E. (2016). Zonasi Risiko Gerakan Tanah dengan Metode Analisis Spasial di Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. *Jurnal Geologi Dan Bencana Geologi*, 11, 79–92.

- Lee, S., & Pradhan, B. (2006). Probabilistic Landslide Susceptibility and Factor Analysis. *Environmental Geology*, 51(2), 279–294.
- Liu, J. H. (2012). <i>In Situ</i> Monitoring Test for Rock Slope Stability in Li County Earthquake Zone of Sichuan Province. *Applied Mechanics and Materials*, 204–208, 2473–2477. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.204-208.2473>
- 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>
- Marchio, M., Farina, S., & Zardi, D. (2024). An analytical model for daily-periodic slope winds. Part 1: Surface radiation budget. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 150(764), 3911–3924. <https://doi.org/10.1002/qj.4785>
- Nahm, F. S. (2022). Receiver operating characteristic curve: overview and practical use for clinicians. *Korean Journal of Anesthesiology*, 75(1), 25–36. <https://doi.org/10.4097/kja.21209>
- Nandi. (2007). *Longsor*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Neuhäuser, B., Damm, B., & Terhorst, B. (2012). GIS-based assessment of landslide susceptibility on the base of the Weights-of-Evidence model. *Landslides*, 9(4), 511–528. <https://doi.org/10.1007/s10346-011-0305-5>
- Nkonge, L. K., Gathenya, J. M., Kiptala, J. K., Cheruiyot, C. K., & Petroselli, A. (2023). An Ensemble of Weight of Evidence and Logistic Regression for Gully Erosion Susceptibility Mapping in the Kakia-Esamburmbur Catchment, Kenya. *Water*, 15(7), 1292. <https://doi.org/10.3390/w15071292>
- Nwazelibe, V. E., Unigwe, C. O., & Egbueri, J. C. (2023). Integration and comparison of algorithmic weight of evidence and logistic regression in

landslide susceptibility mapping of the Orumba North erosion-prone region, Nigeria. *Modeling Earth Systems and Environment*, 9(1), 967–986. <https://doi.org/10.1007/s40808-022-01549-6>

Pamela, Sadisun, I. A., Kartiko, R. D., & Arifianti, Y. (2018). Metode Kombinasi Weight of Evidence (WoE) dan Logistic Regression (LR) untuk Pemetaan Kerentanan Gerakan Tanah di Takengon, Aceh. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 9(2), 77–86.

Pemerintah Kabupaten Trenggalek. (2014, August 18). *Sekilas Trenggalek*.

Pulunggono, A., & Martodjojo, S. (1994). Perubahan tektonik Paleogen-Neogen merupakan peristiwa tektonik terpenting di Jawa. *Proceeding Geologi Dan Geotek Pulau Jawa*, 37–49.

Rai, M. K., Maharjan, S., & Dahal, R. K. (2022). Landslide Susceptibility Assessment Using GIS-Based Weights-of-Evidence Model in the Khimti Khola Watershed, Eastern Nepal. *Bulletin of the Department of Geology*, 23, 35–51. <https://doi.org/10.3126/bdg.v23i1.64776>

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>

Sadisun, I. A., Prasaja, D. B., Kartiko, R. D., & Dinata, I. A. (2021). Landslide Susceptibility Zonation of Rongga District and Surrounding Areas Using Weight of Evidence (WoE) Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 873(1), 012088. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/873/1/012088>

Samodra, H., Gafoer, S., & Tjokrosapoetro, S. (1992). *Peta Geologi Lembar Tulungagung, Jawa, Skala 1:100.000*.

Saptadi, D. (2022). *Penentuan Zona Rentan Gerakan Tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat Dengan Metode Weight of Evidence dan Logistic Regression*. Universitas Indonesia.

- Shahabi, H., Khezri, S., Ahmad, B. P., & Panahi, M. (2013). Landslide Susceptibility Mapping at Zab Basin, Iran: A Comparison between Analytical Hierarchy Process, Frequency Ratio, and Logistic Regression Models. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 1231–1255.
- Sharma, P., Chandel, V. B. S., Kahlon, S., & Thakur, S. N. (2025). Assessing landslide susceptibility in the Upper Ravi river catchment, Himachal Pradesh, India: a comprehensive analysis using the logistic regression model. *Geoenvironmental Disasters*, 12(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40677-025-00327-7>
- Sifa, S. F., Mahmud, T., Tarin, M. A., & Haque, D. M. E. (2020). Event-based landslide susceptibility mapping using weights of evidence (WoE) and modified frequency ratio (MFR) model: a case study of Rangamati district in Bangladesh. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 4(3), 222–235. <https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1619222>
- Singh, S. (2018). Understanding the role of slope aspect in shaping the vegetation attributes and soil properties in Montane ecosystems. *Tropical Ecology*, 59, 417–430.
- Sivakami, C., & Rajkumar, R. (2020). Landslide Vulnerability Zone by Weights of Evidence Model using Remote Sensing and GIS, in Kodaikanal Taluk (Tamil nadu, India). *International Journal of Engineering Research And*, V9(02). <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS020201>
- Sjarifudin, M. Z., & Hamidi, S. (1992). *Peta Geologi Lembar Blitar, Jawa*.
- Subekti, I. (2019). *Geologi dan Bencana Alam*. Teknosain.
- Sumaryono, Arifianti, Y., Triani, Y. D., Ika, W., & Irawan, W. (2014). The Application of Landslide Inventory Data base of Indonesia (LIDIA) for Supporting Landslide Susceptibility Mapping in Cianjur Regency, West Java, Indonesia. *GSTF International Journal of Geological Sciences (JGS)*, 1(2).



- Trinh, T., Luu, B. T., Le, T. H. T., Nguyen, D. H., Van Tran, T., Van Nguyen, T. H., Nguyen, K. Q., & Nguyen, L. T. (2023). A comparative analysis of weight-based machine learning methods for landslide susceptibility mapping in Ha Giang area. *Big Earth Data*, 7(4), 1005–1034. <https://doi.org/10.1080/20964471.2022.2043520>
- Umar, Z., Pradhan, B., Ahmad, A., Jebur, M. N., & Tehrany, M. S. (2014). Earthquake induced landslide susceptibility mapping using an integrated ensemble frequency ratio and logistic regression models in West Sumatera Province, Indonesia. *CATENA*, 118, 124–135. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.02.005>
- USDA. (2016). *Slope Weighted Average*.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia* (Vol. 1A). Government Printing Office.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes. In R. L. Schuster & R. J. Krizek (Eds.), *Landslides: Analysis and Control* (pp. 11–33). National Academy of Sciences.
- Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A. C., & Aydinoglu, A. C. (2011). A GIS-based Comparative Study of Frequency Ratio, Analytical Hierarchy Process and Logistic Regression Methods for Landslide Susceptibility Mapping. *Natural Hazard*, 59, 1125–1162.
- Yan, Q. C. N., Huang, J., & Chen, N. (2019). A Novel Hybrid Model for Landslide Susceptibility Mapping Integrating Artificial Intelligence Techniques. *Science of the Total Environment*, 666, 975–993.
- Zhou, S., Wang, W., Chen, G., Liu, B., & Fang, L. (2016). A Combined Weight of Evidence and Logistic Regression Method for Susceptibility Mapping of Earthquake-induced Landslides: A Case Study of the April 20, 2013 Lushan Earthquake, China. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, 90(2), 511–524. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.12687>

Sifa Muyassarah, 2025

*PENENTUAN ZONA KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGGUNAKAN INTEGRASI METODE  
WEIGHT OF EVIDENCE DAN LOGISTIC REGRESSION DI KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA  
TIMUR*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)