



## Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Teknik Geospasial Statistik di Macang Pacar, Nusa Tenggara Timur

Erik Febriarta<sup>\*1</sup>, Yunus Aris Wibowo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Daerah Istimewa Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta

<sup>1</sup> Palawa Karya, Daerah Istimewa Yogyakarta

### Article Info

#### Article History

Dikirim 15 Januari 2020

Diterima 20 Juni 2020

Terbit 15 Januari 2021

#### Keywords:

kerawanan;  
gerakan tanah;  
geospasial;  
statistik

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan zona kerentanan gerakan tanah dengan pendekatan analytical hierarchy process (AHP) dengan parameter: kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi (kekar/sesar), penggunaan lahan, distribusi gerakan tanah, kegempaan, dan intensitas curah hujan. Penilaian dengan pembobotan disetiap parameter bertingkat (hierarki). Pembobotan dengan nilai 1, merupakan faktor yang paling mempengaruhi kerentanan, sedangkan pembobotan dengan nilai > 2 menunjukkan faktor yang tidak dominan terhadap kerentanan. Dari nilai dan pembobotan tersebut menghasilkan nilai skor total indek kerentanan. Hasil atau skor diperoleh dari perhitungan linier dari seluruh parameter kerentanan gerakan tanah. Untuk menentukan kelas zona kerentanan gerakan tanah, dikelaskan menjadi kerentanan tinggi, menengah, rendah dan sangat rendah. Pembagian zona klasifikasi kerentanan gerakan tanah menggunakan metode equal interval. Hasil dari penentuan zona kerentanan diketahui zona kerentanan gerakan tanah tinggi seluas 63,97 km<sup>2</sup> (14,49%), kerentanan menengah seluas 147,65km<sup>2</sup> (33,53%), kerentanan rendah seluas 114,19km<sup>2</sup> (25,93%) dan kerentanan sangat rendah seluas 114,72km<sup>2</sup> (26,05%). Secara umum di Kecamatan Macang Pacar tingkat kerentanan gerakan tanah adalah kerentanan menengah.

### Abstract

The purpose of this study is to determine the zone of mass movement vulnerability using the analytical hierarchy process (AHP) approach with the parameters: slope, rock type, geological structure (fracture / fault), land use, distribution of mass movement, seismicity, and rainfall intensity. Assessment by weighting each parameter is nested (hierarchical). Weighting with a value of 1 is the factor that most influences vulnerability, while weighting with a value of > 2 indicates a factor that is not dominant to vulnerability. From the scores and the weighting, the total score of the vulnerability index is generated. Results or scores are obtained from linear calculations of all mass movement susceptibility parameters. To determine the zone class of mass movement vulnerability, it is classified into high, medium, low and very low vulnerability. The division of zones for classification of mass movement vulnerability uses the equal interval method. The results of the determination of the vulnerability zone show that the high ground motion vulnerability zone is 63.97 km<sup>2</sup> (14.49%), intermediate vulnerability is 147.65km<sup>2</sup> (33.53%), low vulnerability is 114.19km<sup>2</sup> (25.93%) very low area of 114.72 km<sup>2</sup> (26.05%). In general, in Macang Pacar Sub-district, the level of mass movement vulnerability is moderate.

\* E-mail : [e.febriarta@gmail.com](mailto:e.febriarta@gmail.com)

Address : Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia 55281

## PENDAHULUAN

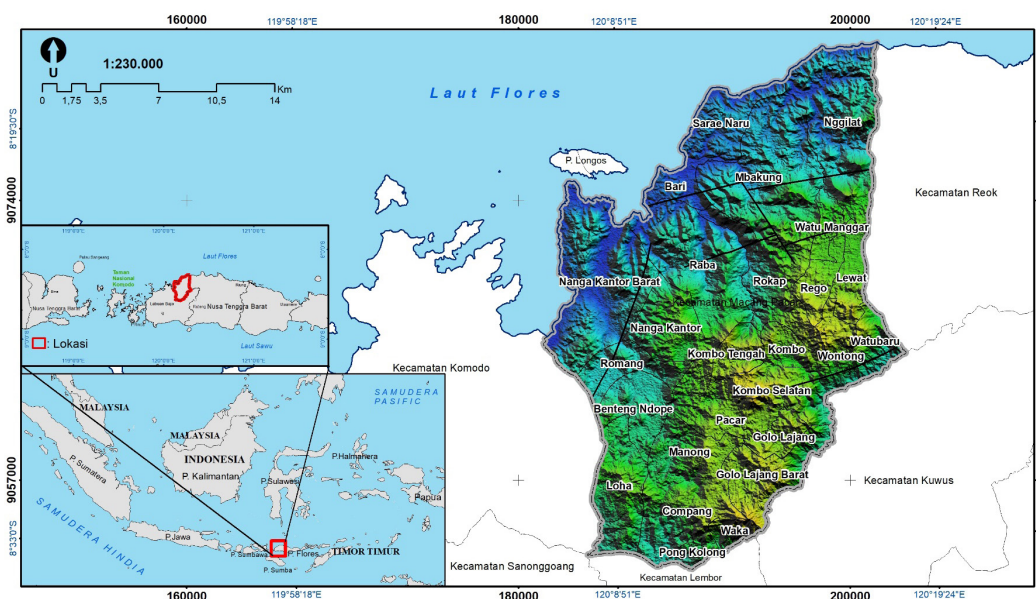
Gerakan tanah merupakan pergerakan massa batuan, tanah atau bahan rombakan (tanah penutup atas) pembentuk lereng kearah bawah lereng (Dirjen PU, 2007). Peristiwa atau kejadian gerakan tanah pada suatu lereng atau lahan dapat mengakibatkan potensi bahaya hingga menjadi bencana (Miyagi, 2018). Gerakan tanah dapat memicu bencana longsor dari skala kecil (longsor lereng) hingga meluas dapat menjadi bencana longsor (Klose, 2015). Sedangkan definisi bencana merupakan peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan atau non alam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dapat berakibat pada psikologis korban disekitar kejadian bencana (BNPB, 2012). Sehingga kerentanan gerakan tanah dapat diartikan sebagai kecenderungan untuk terjadi gerakan tanah. Secara umum gerakan tanah dapat memicu kerusakan lahan dan kerugian, sehingga perlu adanya pemantauan dan identifikasi lokasi yang berpotensi mengakibatkan kerusakan (Hidayat & Nagara, 2019; Mandal & Mondal, 2019; Wicaksono dkk, 2020).

Upaya mengurangi risiko terjadinya gerakan tanah adalah dengan rekayasa teknik untuk lereng yang terjal dan tidak stabil, tetapi sebelum penerapan lanjut dapat dipetakan dan dapat diprediksi dari pemodelan wilayah atau zona yang rentan menimbulkan pergese-ran atau pergerakan dari pemodelan multi parameter (Wibowo & Semedi, 2011; Sassa et al., 2018; Yamagishi & Bhandary, 2017). Kecamatan Macang Pacar merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Manggarai Barat yang berbatasan dengan Kecamatan Boleng dan berada di sebelah timur dari Kecamatan Komodo yang merupakan ibu kota dan pusat wisata pesisir Labuan Bajo di Nusa Tenggara Timur. Kecamatan Macang Pacar terdapat jalur lintas provinsi pada bagian utara Pulau Flores, dengan kerentanan tanah longosr sedang hingga tinggi (BNPB, 2017).

Kecamatan Macang Pacar memiliki 440,34 km<sup>2</sup> dengan topografi berbukit dan

bergelombang. Kenampakan tersebut terbentuk akibat pengangkatan geotektonik aktivitas vulkanik dan terobosan (Ratman & Yasin, 1987). Kecamatan Macang Pacar berada diatas Formasi Bari (Tmb) yang tersusun atas batugamping berselingan yang merupakan dasar pantai yang terangkat yang dicikan dengan batupasir gampingan, putih kelabu, kurang padat sampai padat, mengandung fosil: *Floscullinella*, *Miogygsina*, *Miliolid sp*, *Peneroplida sp* dengan lingkungan pengendapan litoral yang selaras dengan Formasi Waihekan (Tmptw) dan Formasi Laka (Tmpl) yang diperkirakan menunjukkan umur miosen tengah. Penyusun batuan pada lapisan permukaan yang terombak atau lapuk (parafragmen) mudah bergerak memicu gerakan tanah yang dipengaruhi oleh tekstur tanah lepas lepas dan mudah tererosi (Mulyono & Iqbal, 2015; Ratman & Yasin, 1987). Selain faktor kondisi tanah penutup tersebut, kondisi topografi yang berbukit dan bergelombang dapat memicu gerakan tanah dari faktor kemiringan lereng.

Struktur geologi di sekitar Kecamatan Mancang pacar berupa sesar, lipatan dan ke-lurusan. Faktor tersebut merupakan faktor mayor dalam parameter pemicu bencana gerakan tanah (longsor). Kawasan yang semakin dekat dengan zona sesar (patahan) memiliki potensi bahaya yang lebih tinggi, dibandingkan dengan kawasan yang semakin jauh dengan zona sesar (patahan). Sesar normal terdapat pada batuan miosen (Formasi Bari) berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya. Kemungkinan penyalaras ini terkadi pada kala pliosen. Sesar geser yang terjadi pada batuan miosen tengah dan miosen pliosen ini terjadi pada pliosen juga. Kelurusan juga terdapat pada batuan miosen tengah sampai termuda (sekarang), yaitu dari batuan gunungapi holosen berarah baratlaut-tenggara dan baratdaya-timurlaut. Menurut Titisari et al. (2019)Kokap District, Kulon Progo Regency, DIY is composed by altered rocks so that many landslides occur. It is necessary, therefore to determine the landslide susceptibility zone based on the geological characteristics and rock alteration in the area as one of disaster mitigation efforts to reduce the risk of landslide disaster. The research method used is data collection in the field



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di Kecamatan Mancang Pacar, Kabupaten Manggarai Barat, Provinsi Nusa Tenggara Timur

such as inclination data of slope, geological condition, and land cover; and laboratory analysis such as petrographic analysis, XRD (X-Ray Diffraction faktor geologi menjadi faktor dominan pemicu gerakan tanah (longsor).

Pentingnya identifikasi permasalahan lingkungan dengan informasi dasar tentang kebencanaan zona kerentanan gerakan tanah merupakan salah satu langkah mitigasi bencana untuk mencegah dan langkah kesiapsiagaan dalam menghadapi sebuah bencana (BNPB, 2012; Lathamani et al., 2015; Syarafina & Sumunar, 2018; Syahbana dkk, 2013). Pendekatan dengan pemodelan beberapa karakteristik dominan untuk bencana gerakan tanah dapat diketahui secara geospasial atau keruangan (Dirjen PU, 2007; Febriarta dkk, 2020; Klose, 2015). Pemodelan dengan menggunakan faktor (parameter) yang dominan, dapat memberikan informasi tentang bencana gerakan tanah mendekati kondisi alam (Sassa, 2015; Raharjo dkk, 2020). Pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dapat memberikan informasi pengkelasan parameter secara hirarki (BNPB, 2012; Saaty, 1980; Setyaningrum & Febriarta, 2019).

Parameter dengan kelas peringkat 1 memiliki kedudukan lebih dominan untuk memicu gerakan tanah, sedangkan kelas yang semakin besar ( $> 2$ ) menunjukkan faktor yang tidak terlalu memicu pergerakan tanah. Pendekatan tersebut dapat memberikan gambaran dengan faktor dominan geologi dan sebaran lokasi

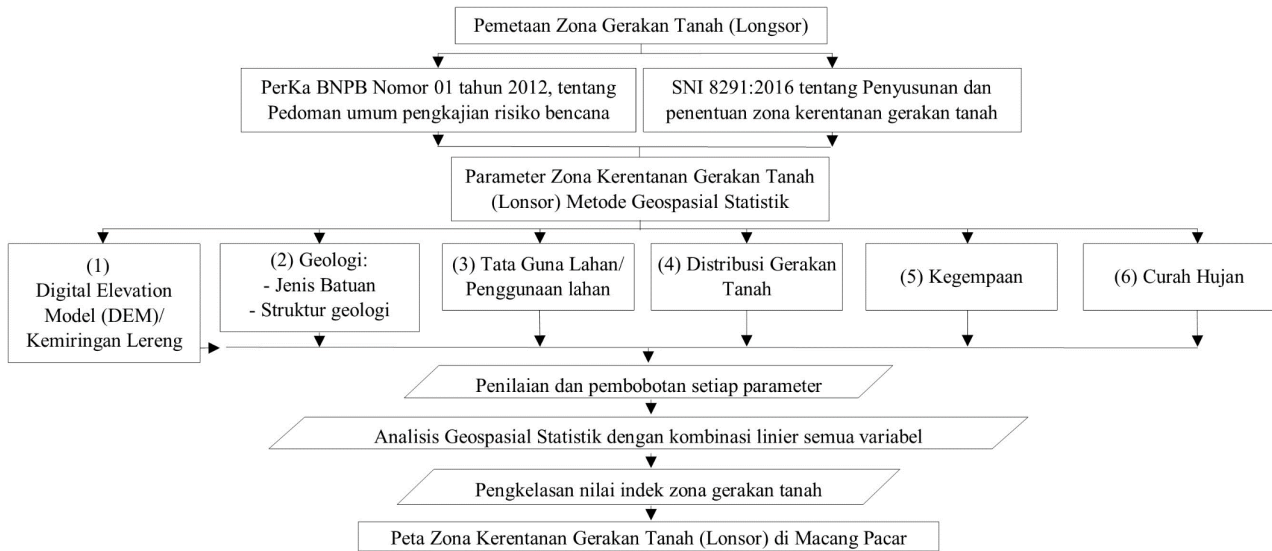
zona kerentana gerakan tanah (BSN, 2016). Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui zona kerentanan gerakan tanah dengan pendekatan statistik dan penentuan parameter secara bertingkat atau faktor yang paling dominan dengan *analytical hierarchy process* (AHP) di Kecamatan Macang Pacar, Kabupaten Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur.

**METODE**

Kajian pemetaan penentuan zona kerentanan gerakan tanah (longsor) dilakukan dalam tiga tahapan seperti yang digambarkan pada diagram alir (Gambar2). Tahap (1) yaitu merumuskan parameter faktor dominan geologi dan yang memicu pergerakan masa tanah mengacu pedoman dari mitigasi zona kerentanan gerakan tanah (BSN, 2016; BNPB, 2012; Klose, 2015; Mandal & Mondol, 2019). Tahap (2) Penentuan atau penilaian parameter pembobotan dengan pendekatan *analytical hierarchy proses* (AHP). Kemudian tahap (3) analisis multi kriteria parameter gerakan tanah metode statistik dengan parameter kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi, penggunaan lahan, distribusi gerakan tanah, kegempaan dan curah hujan. Pengkelasan zona kerentanan gerakan tanah diperoleh dengan pendekatan *equal interval*.

**Penilaian Pembobotan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)**

Penentuan nilai dari setiap kelas dari parameter diperoleh dari hasil *analytical hierarchy process*



**Gambar 2.** Alur penilaian kerentanan gerakan tanah

(AHP). *Analytical hierarchy process* (AHP). Penentuan nilai untuk setiap parameter kerentanan diperoleh dari metode *pairwise comparison judgment matrices* (Febriarta & Oktama, 2020; Mandal & Mondal, 2019; Saaty, 1980). Hasil dari *pairwise comparison judgment matrices* tersebut menghasilkan peringkat dari parameter yang paling mempengaruhi untuk menentukan karakteristik dari hubungan populasi yang berkaitan maupun populasi yang berbeda terhadap parameter lain (Saaty, 2004; Setyaningrum & Febriarta, 2019; Wibowo & Semedi, 2011). Parameter kerentanan gerakan tanah (Tabel 2) diberi nilai bobot setiap kelas masing-masing parameter. Uji korelasi hasil dari *pairwise comparison judgment matrices* diperlukan untuk mendapatkan nilai yang konsisten, dengan cara menghitung indek nilai setiap parameter (Saaty, 2004). Nilai konsistensi tersebut merupakan langkah untuk mendapatkan nilai kepercayaan yang tinggi dari setiap perbandingan antar parameter, yang diperoleh dari perbandingan nilai consistency index (CI) dengan *consistency ratio* (CR). Rumus persamaan yang digunakan (Saaty, 2004), sebagai berikut :

$$CI = (\lambda \text{ maks}-n)/(n-1) \dots \dots \dots (1)$$

dimana,

CI : *Consistency Index*

$\lambda$  maks: nilai eigen faktor maksimal

n : jumlah data

$$CR = CI/RI \dots \dots \dots (2)$$

dimana,

CR : *Consistency Ratio*

CI : *Consistency Index* (persamaan rumus 1)

RI : *Random index* (Tabel 1)

**Tabel 1.** *Random index consistency*

n	Random Indeks	n	Random Indeks
1	0,00	6	1,24
2	0,00	7	1,32
3	0,58	8	1,41
4	0,90	9	1,45
5	1,12	10	1,49

Sumber: Saaty, 2004

Jika hasil dari skor CR  $\leq$  0,10 (10%), maka perbandingan konsistensi dari setiap parameter menunjukkan hasil perbandingan yang konsisten, jika melebihi nilai tersebut maka hasil perbandingan antar parameter memiliki tingkat keyakinan yang rendah (Saaty, 1980, 2004). Sehingga untuk mendapatkan hasil dengan tingkat kepercayaan tinggi, perhitungan CR (rumus 2) menggunakan nilai indek < 10%.

**Analisis Multi Kriteria Metode Statistik**

Pendekatan untuk mengetahui zona sebaran kerentanan gerakan tanah (longsor) secara umum mengacu peraturan PerKa BNPB nomor 02 tahun 2012 tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana, kemudian untuk faktor pemicu gerakan tanah (longsor) mengacu pendekatan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8291:2016 tentang penyusunan dan penetapan zona kerentanan gerakan tanah (BSN., 2016; BNPB, 2012).

Metode analisis statistik merupakan pendekatan berdasarkan keterkaitan distribusi gerakan tanah atau kerapatan gerakan tanah terhadap fak-

tor pengontrol gerakan tanah pada setiap kelas parameter (BSN, 2016). Skala pemetaan dengan pendekatan metode statistik dapat menyajikan pemodelan zona gerakan tanah (longsor) hingga skala menengah (1:25.000 hingga 1:100.000). Penentuan zona kerentanan gerakan tanah memiliki kesesuaian untuk keperluan penataan ruang dan pengembangan infrastruktur. Pembagian zona tergantung pada karakteristik kerentanan gerakan tanah (longsor) antara lain: (1) kemiringan lereng, (2) jenis batuan, (3) zona sesar (patahan), (4) tata guna lahan, (5) distribusi gerakan tanah (kejadian gerakan tanah), (6) kegempaan, dan (7) curah hujan. Sumber data yang diperlukan untuk penentuan zona gerakan tanah disajikan pada Tabel 2.

**Penentuan Klasifikasi Kerentanan Gerakan Tanah**

Klasifikasi kerentanan gerakan tanah diperoleh dari perhitungan multi kriteria metode statistik yang dihitung dengan pendekatan rumus linier variabel, sebagai berikut:

$$\text{Nilai total} = (\text{nilai kemiringan lereng} \times \text{bobot}) + (\text{nilai jenis batuan} \times \text{bobot}) + (\text{nilai distribusi gerakan tanah} \times \text{bobot}) + (\text{nilai struktur geologi} \times \text{bobot}) + (\text{nilai kegempaan} \times \text{bobot}) + (\text{nilai tata guna lahan/penggunaan lahan} \times \text{bobot}) \dots\dots\dots(3)$$

Dari nilai total diklasifikasikan ke dalam empat tingkat kerentanan gerakan tanah, yaitu kerentanan tinggi, menengah, rendah dan sangat rendah (BSN, 2016; BNPN, 2012). Pengkelasan tersebut diperoleh dengan perhitungan nilai total yang dibagi dengan metode *equal interval*. *Equal interval* pendekatan dengan membagi rentang nilai total (rumus 3) dengan komposisi sama rata dari nilai skor seluruh perhitungan (Febriarta dkk, 2020; Kyoji Sassa et al., 2018; Wibowo & Semedi, 2011), sebagai berikut :

$$\text{Interval kerentanan} = (\text{nilai maksimum-nilai minimum})/(\text{jumlah kelas kerentanan (4 kelas kerentanan)}) \dots\dots\dots(4)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penilaian dan Pembobotan**

Penilaian bobot untuk parameter kerentanan gerakan tanah terdiri atas kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi, penggunaan lahan, distribusi gerakan tanah, kegempaan dan curah hujan. Parameter tersebut dibandingkan terhadap variabel dari parameter lain (Tabel 2) untuk mem-

peroleh tingkat kecenderungan faktor gerakan tanah. Berdasarkan perhitungan indeks konsistensi perhitungan bobot parameter sebesar 5,8% (Tabel 13, terlampir). Nilai termasuk kedalam toleransi indeks konsistensi dengan batas 10% (Adi dkk, 2011; Saaty, 1980, 2004). Perhitungan indeks konsistensi (CR) untuk kemiringan lereng sebesar 5,8%. Indeks tersebut menunjukkan nilai yang kecil sehingga hasil penilaian dapat digunakan (Setyaningrum & Febriarta, 2020).

Nilai indeks konsistensi (CR) penilaian jenis batuan dan penilaian jarak struktur geologi sebesar 2,6%. Nilai indeks konsistensi (CR) penilaian penggunaan lahan sebesar 8,9% (Tabel 13, terlampir) yang menunjukkan relatif tinggi dikarenakan jumlah perbandingan antar kelas yang banyak, yaitu 45 kelas. Tetapi nilai tersebut masih kategori toleransi nilai indeks, dengan batas nilai di bawah 10% (Saaty, 2004). Nilai indeks konsistensi (CR) penilaian distribusi gerakan tanah dan kegempaan (PGA) sebesar 1,8%, yang menunjukkan indeks yang kecil sehingga dapat digunakan untuk perhitungan statistik (Adi dkk, 2011). Nilai indeks konsistensi (CR) curah hujan sebesar 2,6% yang menunjukkan nilai yang kecil. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kelas, nilai disajikan pada Tabel 3 dan bobot parameter disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Bobot parameter kerentanan gerakan tanah metode statistik

Parameter	Prioritas	Bobot
Kemiringan lereng	1	0,399
Jenis batuan	2	0,214
Struktur geologi	3	0,152
Penggunaan Lahan	4	0,109
Distribusi gerakan tanah	5	0,065
Kegempaan (PGA)	6	0,032
Intensitas curah hujan	7	0,029

Sumber: Analisis, 2021

**Pembahasan Parameter Dengan Analytical Hierarchy Process (AHP)**

Parameter kemiringan lereng diperoleh dari konversi data *Digital Elevation Model* (DEM) menjadi nilai kemiringan lereng. Data *Digital Elevation Model* (DEM) yang digunakan adalah DemNas dari Badan Informasi Geospasial, Republik Indonesia (BIG, 2018). Kemiringan lereng dengan nilai terjal mempunyai kelas 1, sedangkan kelas 7 merupakan derajat kemiringan yang datar. Kondisi kemiringan lereng yang semakin terjal (17°-36°) sampai kemiringan curam (>36°) memiliki potensi gerakan masa yang dipengaruhi oleh gravitasi (Zuidam, 1983). Nilai dan bobot parameter kemiringan lereng disajikan pada Tabel 5.

Tabel 3. Kelas dan nilai parameter kerentanan gerakan tanah metode statistik

Kemiringan Lereng	Jenis Batuan	Jarak Sesar	4) Penggunaan Lahan	5) Distribusi gerakan tanah	6) Kegempaan (PGA)	7) Intensitas curah hujan	
Derajat (°)	Ke-las	Ke-las	Jenis las	Ke-las	Ke-las	Cura hujan (mm/tahun)	
Person-tase (%)	Nilai	Nilai	Nilai	Kejadian	Ke-las	Kelas	
>55	>140	1	<2 km	Perumahan	1	>2.500	1
33-55	55-140	2	2-5 km	Bangunan	2	1.500 - 2.500	2
16-33	21-55	3	>5 km	Hutan	3	<1.500	3
8-16	14-20	4	km	Sawah Irigasi	4		
4-8	8-14	5		Sawah Tadah Hian	5		
2-4	2-7	6		Kebun/Perkebunan	6		
0-2	0-2	7		nan	7		
				Semak/Belukar	8		
				Tegalan/Ladang	9		
				Rumput/Tanah Kosong	10		
				Hutan Rawa			

Sumber: Analisis, 2021

**Tabel 5.** Nilai dan bobot kemiringan lereng

Derajat (°)	Persentase (%)	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
>55	>140	1	0,399		0,159
33-55	55-140	2	0,214		0,085
16-33	21-55	3	0,152		0,061
8-16	14-20	4	0,109	0,399	0,043
4-8	8-14	5	0,065		0,026
2-4	2-7	6	0,032		0,013
0-2	0-2	7	0,029		0,012

Sumber: Analisis, 2021

Parameter jenis batuan diperoleh dari informasi geologi, yang merupakan turunan dari informasi formasi batuan. Kecamatan Mancang Pacar berada di atas Formasi Bari (Tmb) yang tersusun atas batugamping berselingan, Formasi Nangang pada (Tmn) yang tersusun atas batupasir dan batugamping, dan Formasi Kiro (Tmk) yang tersusun atas batu breksi lava tufan (Ratman & Yasin, 1987). Pengkelasan jenis batuan untuk Formasi Bari termasuk kelas 1, untuk Formasi Nangang termasuk kelas 2 dan Formasi Kiro termasuk kelas 3 yang mempunyai tingkat paling kecil. Nilai dan bobot jenis parameter jenis batuan disajikan pada Tabel 6.

Parameter struktur geologi terdiri atas informasi sesar (patahan). Parameter sesar (patahan) merupakan faktor kedekatan dengan lokasi sesar atau jarak yang semakin dekat mempunyai faktor dominan akan terjadinya gerakan masa atau gerakan tanah (Titisari dkk, 2019)Kokap District, Kulon Progo Regency, DIY is composed by altered rocks so that many landslides occur.It is necessary, therefore to determine the landslide susceptibility zone based on the geological characteristics and rock alteration in the area as one of disaster mitigation efforts to reduce the risk of landslide disaster. The research method used is data collection in the field such as inclination data of slope, geological condition, and land cover; and laboratory analysis such as petrographic analysis, XRD (X-Ray Diffraction. Faktor yang dominan mempengaruhi kerentanan dengan jarak <2 merupakan kelas 1. Nilai dan bobot struktur geologi berupa sesar (patahan) disajikan pada Tabel 7 dan distribusi keruangan disajikan pada Gambar 3.

**Tabel 6.** Nilai dan bobot jenis batuan

Jenis batuan	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
Endapan Sedi- men Lepas	1	0,751		0,160
Batu Malihan dan Beku	2	0,178	0,214	0,038
Batuan Padu	3	0,070		0,014

Sumber: Analisis, 2021

**Tabel 7.** Nilai dan bobot struktur geologi

Jarak Sesar	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
<2 km	1	0,751		0,114
2-5 km	2	0,178	0,152	0,027
> 5 km	3	0,070		0,010

Sumber: Analisis, 2021

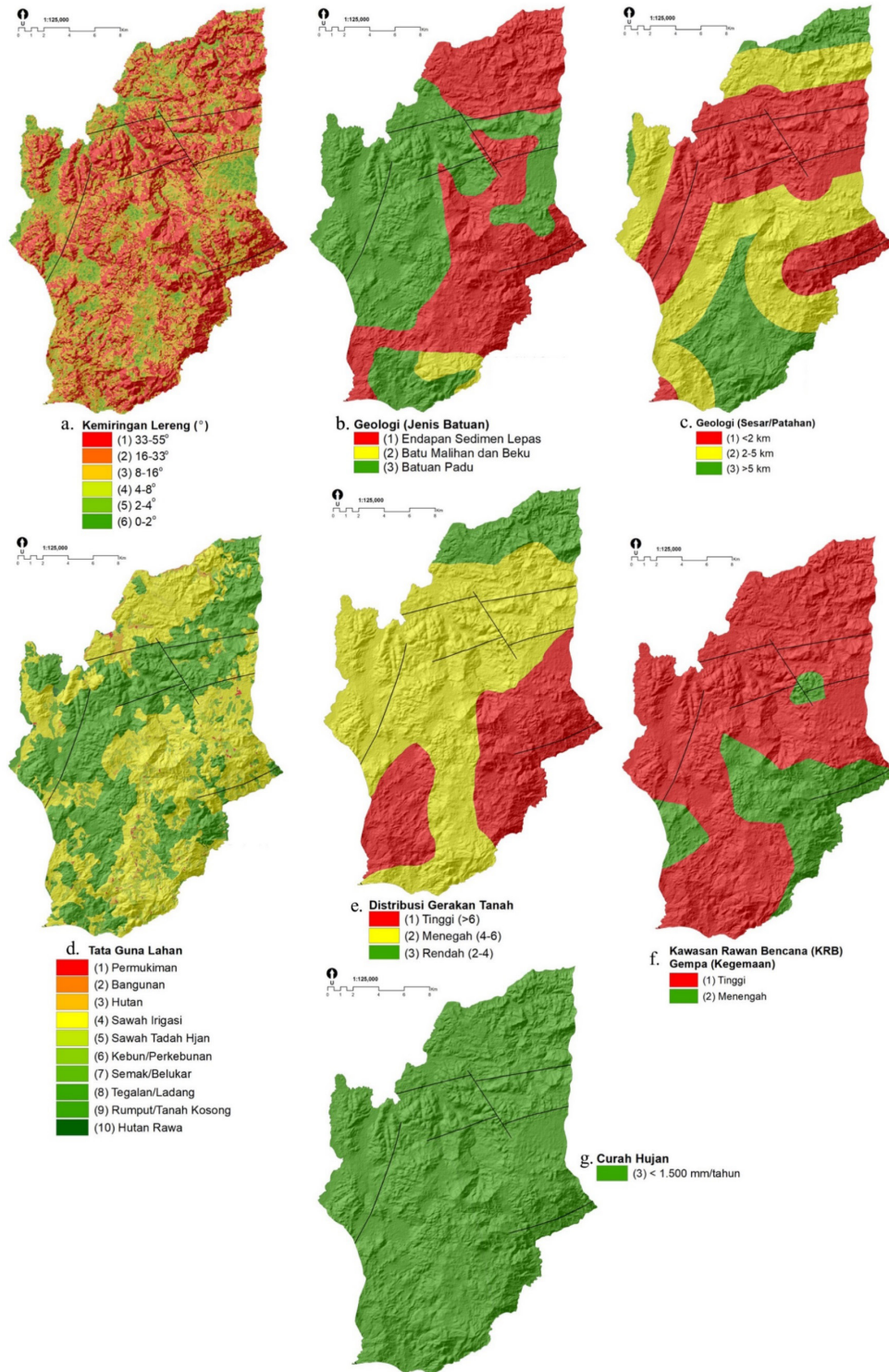
Parameter tata guna lahan merupakan faktor yang mendorong gerakan tanah dari sifat fisik penggunaan lahan di atasnya. Lahan terbangun mempunyai tekanan terhadap daya dukung lahan, jika kondisi fisik tanah tidak mampu menahan, dapat mengakibatkan pergeseran yang dipengaruhi juga oleh gravitasi (Klose, 2015; Mulyono & Iqbal, 2015). Nilai dan bobot untuk jenis penggunaan lahan disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Nilai dan bobot tata guna lahan

Jenis	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
Permukiman	1	0,198		0,021
Bangunan	2	0,183		0,019
Hutan	3	0,167		0,018
Sawah Irigasi	4	0,144		0,015
Sawah Tadah Hjan	5	0,121		0,013
Kebun/Perkebunan	6	0,057	0,109	0,006
Semak/Belukar	7	0,043		0,004
Tegalan/Ladang	8	0,042		0,004
Rumput/Tanah Kosong	9	0,029		0,003
Hutan Rawa	10	0,016		0,001

Sumber: Analisis, 2021

Parameter distribusi gerakan tanah, merupakan intensitas kejadian terjadinya gerakan tanah (longsor). Kejadian gerakan tanah diperoleh dari ESDM (2020). Semakin tinggi kejadian gerakan tanah maka menunjukkan kelas 1 yang diartikan faktor yang mempengaruhi dilihat intensitas kejadian gerakan tanah. Nilai dan bobot distribusi gerakan tanah disajikan pada Tabel 9 dan distribusi spasial gerakan tanah disajikan pada Gambar 3. Kegempaan merupakan faktor indogen dari dalam bumi yang dipengaruhi oleh aktivitas gunungapi. Faktor kegempaan diperoleh dari sumber kawasan rawan bencana dan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) (BMKG, 2020). Nilai dan bobot kegempaan disajikan pada Tabel 10.



**Gambar 3.** Nilai dan kelas setiap parameter zona kerentanan gerakan tanah

**Tabel 9.** Nilai dan bobot distribusi gerakan tanah

Kejadian	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
(>6) Tinggi	1	0,642	0,065	0,041
(4-6) Menengah	2	0,213		0,013
(2-4) Rendah	3	0,102		0,006
(<2) Sangat Rendah	4	0,043		0,002

Sumber: Analisis, 2021

**Tabel 10.** Nilai dan bobot kegempaan

Kegempaan	PGA	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
Tinggi	>564	1	0,642	0,032	0,020
Menengah	168-564	2	0,213		0,006
Rendah	89-167	3	0,102		0,003
Sangat Rendah	<88	4	0,043		0,001

Sumber: Analisis, 2021



Intensitas curah hujan merupakan faktor dengan bobot 2% dalam parameter multi kriteria statistik. Febriarta dkk (2020) menyebutkan bahwa intensitas hujan mempunyai dampak jenuh pada lapisan permukaan dan batuan. Semakin jenuh lapisan tanah maka kondisi tanah permukaan tidak stabil dan memicu potensi pergeseran maupun gerakan tanah (Sassa et al., 2018; Viaciago, 2013). Sehingga semakin tinggi kondisi intensitas curah hujan memiliki faktor yang dominan memicu gerakan tanah (longsor). Nilai dan bobot intensitas curah hujan disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Nilai dan bobot tata curah hujan

Cura hujan (mm/tahun)	Kelas	Nilai	Bobot	Skor Total
> 2.500	1	0,751		0,021
1.500 - 2.500	2	0,178	0,029	0,005
< 1.500	3	0,070		0,002

Sumber: Analisis, 2021

### Zona Kerentanan Gerakan Tanah

Berdasarkan hasil analisis multi kriteria geospasial statistik diketahui zona kerentanan tanah tinggi terdapat di sebagian Desa Bari, Golo Lajang, Kombo, Kombo Tengah, Loha, Mbakung, Pacar, Raba, Rego, Rokap, Sare Naru, Watu Manggar, Watubaru dan Wontong dengan luas zona 63,79 km<sup>2</sup> (14,49%). Zona kerentanan gerakan tanah tinggi merupakan wilayah yang sering mengalami kejadian gerakan tanah (Viaciago, 2013).

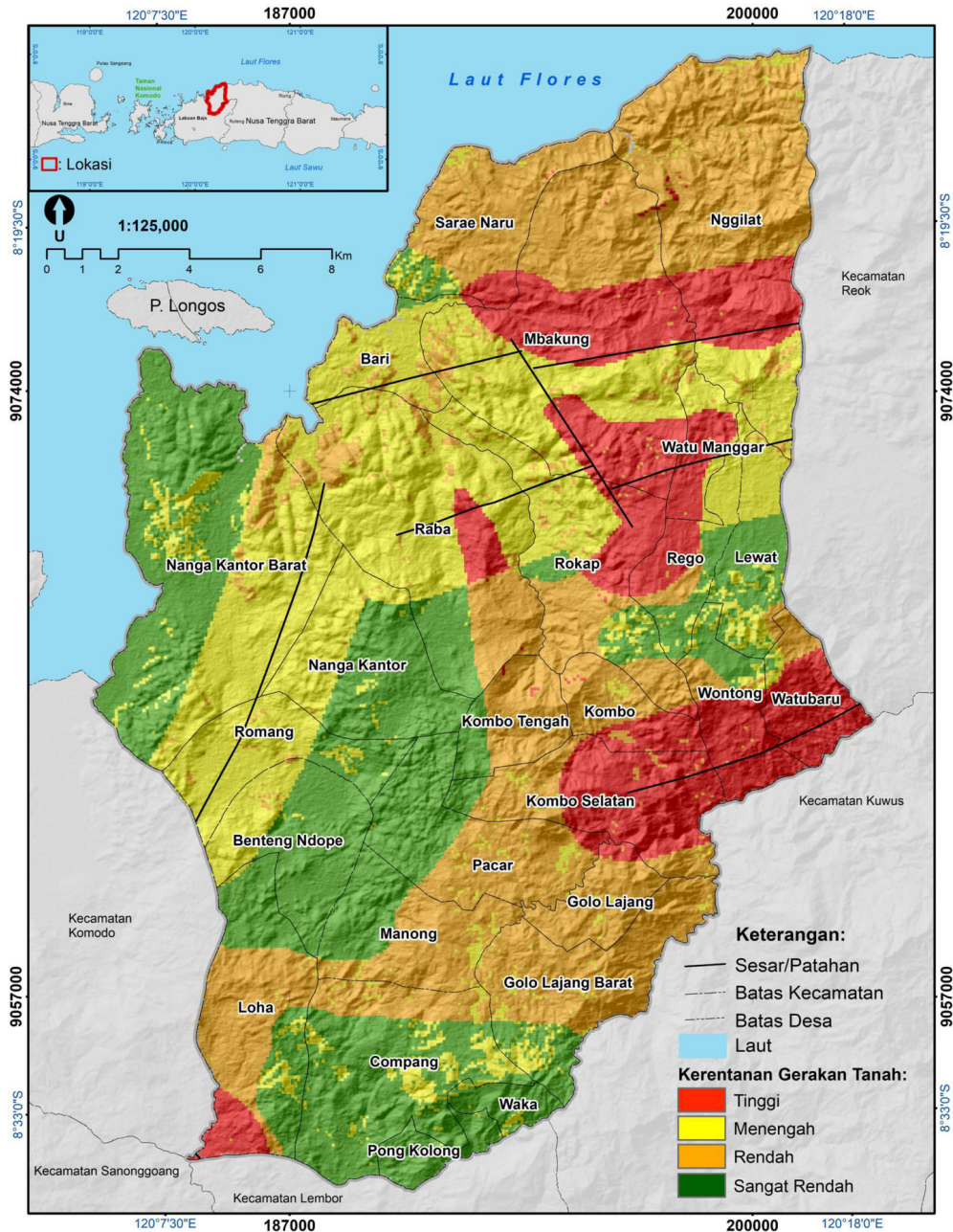
Gerakan tanah lama dan gerakan tanah baru masih aktif bergerak dipengaruhi oleh faktor kegempaan. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh kemiringan lereng terjal (17°-36°) sampai dengan kemiringan curam (>36°). Zona kerentanan gerakan tanah menengah merupakan wilayah yang dapat mengalami kejadian gerakan tanah.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui, gerakan tanah terjadi pada pola perbatasan dengan

**Tabel 12.** Luas Zona Gerakan Tanah

Desa	Luas Zona Kerentanan (Km <sup>2</sup> )							
	Tinggi	%	Menengah	%	Rendah	%	Sangat Rendah	%
Bari	0,14	0,03	1,16	0,27	6,07	1,38	0,36	0,08
Benteng Ndope	0	0	0,17	0,04	4,34	0,98	9,91	2,25
Compang	0	0	4,29	0,97	3,67	0,83	16,54	3,76
Golo Lajang	0,52	0,12	5,73	1,30	0,15	0,03	0	0
Golo Lajang Barat	0	0	14,18	3,22	1,53	0,35	2,67	0,61
Kombo	2,54	0,58	4,18	0,95	0,22	0,05	0	0
Kombo Tengah	11,19	2,54	11,50	2,61	0,31	0,07	2,69	0,61
Lewat	0	0	0,49	0,11	4,25	0,96	4,71	1,07
Loha	2,33	0,53	10,99	2,50	0	0	7,52	1,71
Manong	0	0	8,12	1,84	0	0	5,17	1,17
Mbakung	17,54	3,98	13,61	3,09	0	0	15,05	3,42
Nanga Kantor	0	0	0,06	0,01	7,07	1,60	10,31	2,34
Nanga Kantor Barat	0	0	2,13	0,48	19,18	4,36	25,70	5,84
Nggilat	0	0	26,92	6,11	0,63	0,14	0	0
Pacar	0,45	0,10	8,80	2	5,63	1,28	7,56	1,72
Pong Kolong	0	0	0,07	0,02	0,04	0,01	3,65	0,83
Raba	10,31	2,34	6,26	1,42	22,02	5	4,05	0,92
Rego	2,61	0,59	0	0	2,36	0,54	2,48	0,56
Rokap	0,01	0	11,53	2,62	8,32	1,89	2,41	0,55
Romang	0	0	0,20	0,05	9,08	2,06	2,87	0,65
Sarae Naru	1,24	0,28	11,67	2,65	1,21	0,27	1,32	0,30
Waka	0	0	0,02	0,00	0,27	0,06	2,72	0,62
Watu Manggar	3,37	0,76	0,11	0,02	1,86	0,42	0	0
Watubaru	6,01	1,36	4,17	0,95	0,34	0,08	0,14	0,03
Wontong	5,55	1,26	1,28	0,29	0,59	0,13	1,93	0,44

Sumber : Analisis, 2021



**Gambar 4.** Sebaran zona kerentanan gerakan tanah (longsor) di Kecamatan Macang Pacar

lembah sungai, tebing dan lereng yang agak terjal ( $9^{\circ}$ - $17^{\circ}$ ), terjal ( $17^{\circ}$ - $36^{\circ}$ ) dan pada kemiringan curam ( $>36^{\circ}$ ) yang dipengaruhi oleh kondisi jenis batuan yang mudah terlapuk dan memiliki tekstur lepas-lepas. Kerentanan gerakan tanah menengah terdapat diseluruh wilayah atau desa dari wilayah kajian. Gerakan tanah pada zona menengah dapat dipicu oleh kegempaan dan sesar. Zona kerentanan menengah mempunyai potensi kejadian tanah 10-25% dari proporsi kejadian diseluruh luasan kajian. Zona kerentanan gerakan tanah menengah mendominasi hasil perhitungan kerentanan (33,53%) dari luas wilayah. Luas zona kerentanan gerakan tanah disajikan pada Tabel 12.

Zona kerentanan gerakan tanah rendah merupakan wilayah yang secara umum jarang terjadi gerakan tanah. Gerakan tanah berdimensi kecil mungkin dapat terjadi, terutama pada tebing dari alur sungai (Viaciago, 2013). Berdasarkan hasil penentuan zona kerentanan gerakan tanah rendah, diketahui memiliki luas 114,19 km<sup>2</sup> (25,93%) (Gambar 4). Zona tersebut memiliki proporsi kejadian gerakan tanah sebesar 5%-10% dari luas wilayah. Gerakan tanah dapat dipicu oleh kegempaan yang kuat. Kerentanan gerakan tanah rendah memiliki kondisi kemiringan lereng landai ( $3^{\circ}$ - $9^{\circ}$ ) hingga kemiringan terjal ( $17^{\circ}$ - $36^{\circ}$ ) yang dipengaruhi oleh jarak dengan lokasi sesar (patahan).

Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah merupakan wilayah yang hampir tidak pernah

terjadi gerakan tanah, kecuali pada daerah yang dipengaruhi oleh faktor kemiringan lereng, seperti di tebing sungai dengan kondisi kemiringan lereng  $<3^\circ$ . Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah terdapat di seluruh wilayah atau desa dengan luasan yang beragam. Luas zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah adalah 114,72 km<sup>2</sup> (26,05%) (Gambar 4). Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah mempunyai potensi proporsi kejadian gerakan tanah 0-5% dari luas wilayah.

## KESIMPULAN

Metode penilaian dengan *analytical hierarchy process* (AHP) secara keruangan (spasial) memunculkan faktor yang paling dominan memicu terjadinya gerakan tanah. Metode multi kriteria statistik ini memiliki kekurangan di antaranya adalah dibutuhkan banyak data, yang berdampak pada hasil yang tergantung input datanya, dibutuhkan normalisasi data dan nilai konsistensi yang kecil untuk mendapatkan nilai dengan tingkat kepercayaan yang tinggi ( $<10$ ). Zona kerentanan tinggi mempunyai proporsi kejadian gerakan tanah lebih dari 25% dari total populasi kejadian yang dapat terjadi pada 63,79 km<sup>2</sup> atau 14,49% luas wilayah. Zona kerentanan sangat tinggi terbatas untuk dikembangkan, strategis untuk perkebunan. Zona kerentanan gerakan tanah menengah seluas 147,65 km<sup>2</sup> (33,53%) dan merupakan wilayah yang mempunyai proporsi kejadian gerakan tanah  $>10$ -25% dari total populasi kejadian. Zona kerentanan menengah terdapat di setiap desa dengan dinamika luasan yang berbeda-beda. Zona kerentanan menengah dapat dikembangkan sebagai kawasan permukiman terbatas. Kerentanan gerakan tanah rendah adalah wilayah yang mempunyai proporsi kejadian gerakan tanah  $>5$ -10% dari total populasi kejadian. Luas zona kerentanan rendah adalah 114,19 km<sup>2</sup> (25,93%). Pada zona rendah dapat dikembangkan sebagai kawasan strategis permukiman. Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah merupakan wilayah yang mempunyai proporsi gerakan tanah 0-5% dari total populasi kejadian. Luas zona kerentanan sangat rendah seluas 114,72 km<sup>2</sup> (26,05%). Pada zona kerentanan sangat rendah dapat dikembangkan menjadi kawasan strategis perdagangan dan industri. Secara umum kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Macang Pacar adalah menengah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan analisis lanjut dari kegiatan Perencanaan Pembangunan Perumahan Modern Labuan Bajo Provinsi Nusa Tenggara Timur yang difasilitasi oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Republik

Indonesia. Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Republik Indonesia dan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Labuan Bajo Wilayah Mangarai Barat (Mabar) yang bersedia memberikan bantuan pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, W, J. M. S. (2011). Model Spasial dengan SMCE untuk kesesuaian kawasan industri (Studi kasus di Kota Serang). *Jurnal Globe*, 13(1), 50–59.
- Arifan Jaya Syahbana, Adrin Tohari, Eko Soebowo, Dwi Sarah, K. S. (2013). No Title. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 4(1), 33–47. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.34126/jlbg.v4i1.49>
- Asep Mulyono, P. I. (2015). Karakteristik Fisik Tanah Longsor di Jalur Transek Liwa-Bukit Kemuning Lampung Barat. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 6(1), 9–18. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.34126/jlbg.v6i1.72>
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2018). DEMNAS 1219-6 s/d DEMNAS 1320-21. Badan Informasi Geospasial. <http://tides.big.go.id>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2017). Data dan Informasi Bencana Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2016). Standar Nasional Indonesia (SNI) 8291:2016 Penyusunan dan Penentuan Zona Kerentanan Gerakan Tanah. Badan Standardisasi Nasional (BSN)
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan G. (BMKG). (2020). Analisis Curah Hujan Nusa Tenggara Tenggara Harian. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). <http://www.meteoalor.id/siaran-pers&info-aktual/informasi-iklim-prov-ntt-dasarian-1-juli-2020.php>.
- Direktorat Jendral Penataan Ruang (Dirjen PU). (2007). *Pedoman Penataan Ruang di Kawasan Rawan Bencana Longsor*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Febriarta, E., Marfai, M. A., Hizbaron, D. R., & Larasati, A. (2020). Kajian Spasial Multi Kriteria DRASTIC Kerentanan Air tanah Pesisir Akuifer Batugamping di Tanjungbudi Madura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 476–487. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.476-487>
- Febriarta, E., & Oktama, R. (2020). Pemetaan Daya Dukung Lingkungan Berbasis Jasa Ekosistem Penyedia Pangan Dan Air Bersih Di Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 283–289. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.283-289>
- Febriarta, E., Oktama, R., & Purnama, S. (2020). Analisis Daya Dukung Lingkungan Berbasis Jasa Ekosistem Penyediaan Pangan dan Air Bersih di Kabupaten Semarang. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 18(1), 12–24. <https://doi.org/10.21831/gm.v18i1.30612>
- Hidayat, F., & Nagara, R. P. (2019). Dataset Batas Wilayah Administrasi Untuk Penataan Ruang Wilayah. *Seminar Nasional Geomatika*, 3, 441. <https://doi.org/10.24895/SNG.2018.3-0.984>
- Klose Martin. (2015). *Landslide Databases as Tools for Integrated Assessment of Landslide Risk*. Springer.
- Lathamani, R., Janardhana, M. R., Mahalingam, B., & Suresha, S. (2015). Evaluation of Aquifer Vulnerability Using Drastic Model and GIS: A Case Study of Mysore City, Karnataka, India. *Aquatic Procedia*, 4, 1031–1038.

- <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.130>
- Mandal Sujit, M. S. (2019). *Geoinformatics and Modeling of Landslide Susceptibility and Risk, An RS and GIS based model building approach in the Eastern Himalaya*. Springer.
- N Ratman, A. Y. (1987). *Peta Geologi Lembar Komodo, Nusa Tenggara*. Direktorat Geologi.
- Raharjo, P. D., Widiyanto, K., Winduhutomo, S., & Al' Afif, M. (2020). Peranan Geomorfologi dalam Perencanaan Bangunan pada Zona Ancaman Longsor Tinggi di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong Bagian Utara. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 10(3), 139. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v10i3.274>
- Peraturan Kepala BNPB (PerKa). (2012). *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Nomor 02 tahun 2012*. Badan Nasional Penganggulangan Bencana (BNPB).
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Book Company.
- Saaty, T. L. (2004). Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>
- Sassa, K. (2015). *Engineering Geology for Society and Territory Volume 2: Landslide Risk Assessment at Cultural Heritage Sites*. Springer.
- Sassa, Kyoji, Guzzetti, F., Yamagishi, H., Arbanas, □., Casagli, N., McSaveney, M., & Dang, K. (Eds.). (2018). *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57774-6>
- Setyaningrum, A., & Febriarta, E. (2020). Analisis Kesesuaian dan Daya Dukung Ekowisata Pantai Kategori Rekreasi Pantai Kuwaru Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Pesisir Dan Daerah Aliran Sungai Ke-5*, 5, 36–41. <https://doi.org/doi:10.17605/osf.io/82ptu>.
- Setyaningrum, Agustina, & Febriarta, E. (2019). Analisis Kesesuaian dan Daya Dukung Ekowisata Pantai Kategori Rekreasi Pantai Kuwaru Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Seminar Nasional Pengelolaan Pesisir Dan Daerah Aliran Sungai Ke-5*, 5(March), 36–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.17605/OSF.IO/82PTU>
- Syarafina, A. Z., & Sumunar, D. R. S. (2018). Tingkat Dan Sebaran Risiko Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 15(2). <https://doi.org/10.21831/gm.v15i2.19559>
- Titisari, A. D., Khul Husna, H. Z., Putra, I. D., & Indrawan, I. G. B. (2019). Penentuan Zona Kerentanan Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi dan Alterasi Batuan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 4(2), 141. <https://doi.org/10.22146/jpkm.35935>
- Viaciago. (2013). *Landslide Science and Practice, Volume 3, Spasial Analisis dan Modeling Geomechanical basis of Landslide Classification and Modeling of Triggering*. Springer Berlin Heidelberg.
- Wicaksono, A. P., Febriarta, E., Nurani, D. T. T., & Larasati, A. (2020). Evaluasi Kebutuhan Air Persemaian Di Kawasan Karst Nggorang Manggarai Barat, Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 572–581. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.572-581>
- Yamagishi, H., & Bhandary, N. P. (Eds.). (2017). *GIS Landslide*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-54391-6>
- Zuidam, R. A. (1983). *Guide to Geomorphologic aerial photographic interpretation and mapping*. Enschede: Section of Geology and Geomorphology ITC.