



Geomedia

Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian

Geomedia Vol. 22 No. 2 Tahun 2024 | 120 – 133

<https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>

Penentuan Zona Kerawanan Gerakan Tanah Dengan *Spatial Multi Criteria* di Kabupaten Bangkalan, Madura

Erik Febriarta^{a, b, c 1*}, Ajeng Larasati^{a, 2}, Ika Afianita Suherningtyas^{c, 2}, Afrinia Lisditya Permatasari^{c, 3}, Fitria Nucifera^{c, 4}, Widiyana Riasasi^{c, 5}

^a Palwa Karya, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

^b Program Profesi, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Binus, Jakarta Barat, Indonesia

^c Program Studi Geografi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas AMIKOM Yogyakarta, Indonesia

¹ erik.febriarta@binus.ac.id; ² ajlarasati@gmail.com; ³ ikaafianita@amikom.ac.id; ⁴ afrinia@amikom.ac.id;

⁵ fnucifera@amikom.ac.id; ⁶ wiriasasi@amikom.ac.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel	ABSTRAK
<i>Sejarah artikel</i>	Bencana gerakan tanah atau longsor memiliki dampak daya rusak yang tinggi dan dapat mengubah kondisi fisik dan lingkungan disekitar lereng.
Diterima : 20 Juli 2023	Selain dampak tersebut, pemanfaatan sumber daya alam dan penataan ruang yang tidak tepat menyebabkan risiko bencana gerakan tanah menjadi lebih besar. Salah satu upaya mitigasi dalam kebencanaan gerkan tanah adalah identifikasi zona kerawanan gerakan tanah. Seperti yang diamanahkan oleh Undang Undang no.24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, dengan langkah mitigasi pemetaan zona kerawanan gerakan tanah atau longsor. Pemetaan gerakan tanah dapat dimodelkan dengan pendekatan <i>spastial multi criteria</i> , dimana parameter yang mempengaruhi longsor yaitu kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi, kegempaan, gerakan tanah, tata guna lahan atau penggunaan lahan diberikan nilai dan bobot yang dominan terhadap gerakan tanah. Parameter dengan bobot yang paling tinggi merupakan parameter yang menentukan potensi gerakan tanah. Perhitungan skor diperoleh dari perhitungan penjumlahan linier semua parameter. Skor dengan nilai paling tinggi menunjukkan zona kerawanan gerakan tanah tinggi atau bencana tinggi. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui distribusi keruangan (spasial) kerawanan gerakan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Kabupaten Bangkalan terdapat empat klasifikasi kerawanan gerakan tanah, yaitu sangat rendah di dataran pantai, kerawanan rendah pada daerah pesisir yaitu yaitu sebagian Kecamatan Modung, Kwanyar, Bangkalan, sepulu dan Tanjungbumi, kerawanan menengah pada morfologi perbukitan di sebagian Kecamatan Kokop, dan kerawanan tinggi pada morfologi perbukitan pada bagian tengah dengan lereng yang curam di sebagian Kecamatan Galis, Tanah Merah dan Tanjungbumi. Secara umum tingkat kerawanan gerakan tanah di Kabupaten Bangkalan masuk klasifikasi rendah.
Revisi : 03 Oktober 2024	
Dipublikasikan : 30 November 2024	
Kata kunci:	
Gerakan tanah	
Kerawanan	
Longsor	
Risiko	
Spasial	

ABSTRACT**Keywords:**

Landslide
Mass movement
Risk
Spatial
Vulnerability

Mass movement or landslides are highly destructive and can significantly change the physical and environmental conditions of and around the affected slope. Improper use of natural resources and spatial planning are believed to elevate the risk of these disasters. Identifying and mapping mass movement or landslide susceptibility zones are, therefore, recommended as part of mitigation measures, which are also mandated by Act No. 24 of 2007 on disaster management. For this reason, mapping can involve modeling with a spatial multi-criteria approach where slope, rock type, geological structure, seismicity, mass movement, and land use parameters are given dominant scores and weight values based on their contribution to mass movements. Parameters with the highest weights are primary determinants of mass movement hazards. Scores are the linear sum of all parameters, and zones with the highest scores indicate high susceptibility or severe occurrence of mass movements. This research was designed to determine the spatial distribution of mass movement susceptibility. The results showed that in Bangkalan Regency, such susceptibility could be differentiated into four classes, namely very low (found in coastal plains) on the coast of part of Bangkalan Regency, low (coastal areas) in the coastal areas, namely parts of the districts of Modung, Kwanyar, Bangkalan, Sepulu and Tanjungbuni, medium (regions with hilly morphology) in some parts of Kokop District, and high (regions with hilly morphology, in the middle of a steep slope) in parts of Galis, Tanah Merah and Tanjungbuni Districts. In this context, Bangkalan Regency has a generally low susceptibility.

© 2024 (Erik Febriarta, dkk). All Right Reserved

Pendahuluan

Bencana atau kejadian bencana merupakan peristiwa atau rangkaian yang mengancam kehidupan yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor manusia sehingga menimbulkan dampak korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian secara ekonomi dan dampak psikologi (BNPB, 2012). Dampak dari gerakan tanah atau bencana longsor dapat merusak rumah, infrastruktur dan fasilitas umum. Kejadian bencana tanah longsor identik dengan kondisi lingkungan dengan morfologi perbukitan dengan topografi curam hingga yang terjal. Proses gerakan tanah dapat berupa perpindahan material pembentuk lereng, berupa batuan, bahan timbunan, tanah atau material campuran yang bergerak ke arah bawah dan ke luar lereng (Permen ESDM, 2011; BNPB, 2012). Pergerakan lapisan permukaan tanah dapat dipengaruhi oleh proses gravitasi baik lambat atau cepat dengan

faktor kondisi daya lekat material yang tidak kompak (Zuidam, 1983; Syahbana dkk, 2013; Raharjo dkk, 2019).

Kondisi topografi dengan kemiringan yang curam mempengaruhi potensi gerakan rayapan tanah, yang diakibatkan oleh ketidakstabilan kemiringan lereng (Syahbana dkk, 2013). Faktor curah hujan mempengaruhi kelembaban tanah sehingga mempengaruhi kejenuhan lapisan tanah sehingga dapat membentuk zona lapisan bidang gelincir yang memicu perpindahan masa tanah. Selain faktor tersebut kondisi geologi juga mempengaruhi gerakan tanah, seperti, sifat ukuran butir kohesi, kedalaman muka air tanah, potensi atau kawasan rawan kegempaan dan tataguna lahan (Permen ESDM, 2011; BNPB, 2012; BSN, 2016). Sehingga indikator gerakan tanah atau kondisi fisik dengan kondisi yang tidak stabil dapat digunakan sebagai

parameter dalam bencana longsor ([Syaradina dkk, 2017](#); [Paksi dan Pertiwi, 2018](#)).

Pemetaan potensi gerakan tanah (longsor) banyak diterapkan dengan pendekatan parameter fisik yaitu dengan sifat kelerengan (keamanan lereng) ([BNPB, 2012](#)). Pemetaan karakteristik fisik tanah merupakan salah satu pendekatan untuk mengetahui gerakan tanah yang dapat digunakan untuk langkah mitigasi kebencanaan potensi longsor ([Mulyono dan Iqbal, 2015](#)). Pendekatan karakteristik geomekanik (sudut, bidang geser, dan ukuran butir batuan) dapat digunakan sebagai indikator dalam memicu gerakan longsor ([Rocchi and Viaciago, 2013](#)). Pemetaan tata guna lahan dan aktivitas manusia dapat digunakan sebagai parameter pendekatan penggunaan sumberdaya lahan di atasnya, yang jika kondisi pemanfaatannya melebihi beban mekanik tanah, dapat memicu potensi gerakan tanah (longsor) ([Sassa, 2015](#)).

Pendekatan spatial multi criteria merupakan pemodelan secara keruangan (spasial) dengan beberapa parameter fisik yang mempengaruhi gerakan tanah yang dapat mengakibatkan acaman bencana longsor ([Permen ESDM, 2011](#); [BNPB, 2012](#); [BSN, 2016](#); [Yamagishi and Bhandary, 2017](#)). Kelebihan pendekatan spatial multi criteria adalah menggabungkan beberapa parameter yang mempengaruhi gerakan tanah yang disajikan secara keruangan (*spasia*) ([Yamagishi and Bhandary, 2017](#)). Parameter yang mempengaruhi longsor yaitu kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi, kegempaan, gerakan tanah, tata guna lahan/penggunaan lahan ([Permen ESDM, 2011](#); [BNPB, 2012](#); [Sassa, 2015](#); [BSN, 2016](#); [Yamagishi and Bhandary, 2017](#); [Raharjo dkk, 2019](#)).

Kabupaten Bangkalan merupakan kabupaten di Pulau Madura yang berada di pesisir bagian barat dengan kondisi morfologi dataran pantai hingga perbukitan dengan lereng terjal pada bagian tengah dengan penyusun batuan perselingan batugamping pasir (bagian dari Formasi Madura) ([Marfai, 2019](#)). Rombakan dan lapukan batuan tersebut dapat memicu potensi

gerakan tanah pada kemiringan lereng dengan sudut lereng terjal. Sifat batuan yang lepas-lepas (pasiran) mendominasi penyusun batuan di Kabupaten Bangkalan. Sifat batuan lepas-lepas (rombakan pasir) tersebut mempunyai potensi tidak stabil dan dapat memicu potensi pergerakan tanah. Berdasarkan kondisi penyusun geologi tersebut berupa material lepas dapat mempercepat terjadinya gerakan masa atau tanah longsor. Untuk mengetahui potensi kerawanan gerakan tanah dapat diketahui dengan pemodelan pembobotan setiap variabel gerakan tanah.

Pemodelan penentuan zona kerawanan gerakan tanah atau longsor merupakan salah satu bentuk langkah mitigasi dalam upaya penanggulangan bencana yang relatif tinggi di Indonesia ([BNPB, 2012](#)). Pemodelan kerawanan ini dapat digunakan untuk pemetaan penganggulan ancaman bencana. Pada penelitian sebelumnya [Febriarta & Wibowo, \(2021\)](#) menggunakan variabel faktor pemicu gerakan tanah fisik, sedangkan pada penelitian ([Febriarta et al., 2022](#)) menggunakan pendekatan morfometri, sedangkan pada penelitian ini menggunakan variabel sifat kelerengan, yaitu kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi, kegempaan, kejadian gerakan tanah, atau penggunaan lahan. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodelkan atau penentuan zona (pemetaan) kerawanan gerakan tanah dengan metode spatial multi criteria.

Metode

Kajian pemetaan kerawanan longsor dilakukan dengan beberapa tahapan ([Gambar 1](#)), yaitu merumuskan parameter untuk gerakan tanah dengan metode statistik mengacu pedoman zona kerentanan gerakan tanah yang dikeluarkan oleh [BNPB \(2012\)](#) kemudian penentuan kelas nilai kerawanan dengan mengacu parameter dari [BSN \(2016\)](#). Penilaian dan pembobotan setiap parameter gerakan tanah (longsor) dengan Analytical Hierarchy Process (AHP) dan langkah analisis klasifikasi tingkat kerawanan longsor,

mengacu kelas dari [BSN \(2016\)](#). Pendekatan yang digunakan untuk pemetaan kerawanan adalah metode statistik. Pendekatan statistik yang digunakan dalam penelitian ini antara lain analisis statistik deskriptif univariat yaitu membuat pengelompokan karakteristik dari setiap variabel kemiringan lereng, jenis batuan, struktur geologi, kegempaan, gerakan tanah, dan penggunaan lahan. Kemudian analisis regresi linier yaitu untuk mengetahui hubungan variabel dependen. Dari pendekatan tersebut kemudian dianalisis dengan pembobotan faktor, yaitu didasarkan hasil analisis dari setiap variabel diberikan bobot sesuai dengan tingkat pengaruhnya. Bobot dari nilai tersebut digunakan dalam perhitungan indeks kerentanan dengan perhitungan penjumlahan linier.

Metode statistik merupakan pemodelan dengan didasarkan keterkaitan distribusi gerakan tanah atau kerapatan gerakan tanah terhadap faktor pengontrol gerakan tanah pada tiap kelas parameter ([BSN, 2016](#)). Analisis statistik menghasilkan skala menengah yaitu 1: 100.000 – 1: 25.000 dengan luasan area 1.000 – 10.000 km² ([BNPB, 2012](#); [BSN, 2016](#)). Berdasarkan penentuan metode statistik, maka faktor atau parameter yang digunakan adalah parameter fisik yang paling menentukan terjadinya gerakan tanah ([Klose, 2015](#)). Parameter yang dapat merepresentasikan pemodelan kerawanan longsor sejumlah enam (6) dengan struktur hierarki parameter, yaitu kemiringan lereng, jenis batuan, distribusi gerakan tanah, struktur geologi, kegempaan, tata guna lahan/ penggunaan lahan ([BNPB, 2012](#); [BSN, 2016](#); [Mandal and Mondal, 2019](#)).

Pembobotan Longsor dengan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Penentuan nilai kelas setiap parameter gerakan tanah diperoleh dengan pemberian peringkat hierarki. Penentuan nilai dari setiap masing-masing parameter kerawanan didasarkan atas pendekatan pairwise comparison judgment matrices ([Saaty, 1980](#); [Mandal and Mondal, 2019](#)). Pairwise comparisons judgment matrices atau perbandingan berpasangan merupakan langkah

untuk menganalisis populasi data atau parameter untuk menentukan sifat dan hubungan populasi atau parameter berbeda secara signifikan yang dibandingkan dengan parameter kerawanan yang lain ([Saaty, 2004](#); [Setyaningrum dan Febriarta, 2019](#)).

Penilaian dalam penentuan pembobotan atau penentuan satuan sintesis prioritas dengan menghitung nilai vektor eigen. Nilai vektor eigen diperoleh dari perhitungan perbandingan komparasi atau teknik komparasi pengambilan keputusan yang didasarkan atas faktor yang saling mempengaruhi dari setiap parameter kerawanan gerakan tanah (longsor). Langkah perhitungan dengan menggunakan perbandingan matriks antar parameter. Matriks setiap parameter dihitung proses normalisasi dengan menggunakan metode eigenvector ([Saaty, 2004](#); [Febriarta dkk, 2020](#)). Teknik perbandingan tersebut, diperoleh dari perbandingan nilai entitas (obyek yang unik atau berbeda) yang paling mempengaruhi terhadap potensi gerakan longsor ([BSN, 2016](#)).

Hasil dari nilai faktor tersebut, kemudian dihitung nilai ketetapan konsistensinya. Nilai konsistensi menggambarkan nilai kualitas tingkat kepercayaan data, nilai konsistensi yang kecil menggambarkan simpangan data yang baik ([Saaty, 2004](#)). Untuk menghasilkan penilaian dengan kepercayaan tinggi, nilai konsistensi yang baik dan simpangan kesalahan kecil, nilai yang ditolerir untuk indeks consistency ratio (CR), harus < 0,10 (10%). Nilai Rumus tingkat kepercayaan data tersebut maka digunakan perbandingan penilaian Consistency Index (CI) dengan Consistency Ratio (CR), persamaan rumus yang digunakan ([Saaty, 2004](#)), sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (1)$$

dimana,

CI : *Consistency Index*

λ_{maks} : adalah nilai eigen faktor maksimal

n : jumlah data

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (2)$$

dimana,

CR : *Consistency Rasio*

CI : *Consistency Index*, diperoleh dari persamaan (1)

RI : Random Indeks, mengacu [Tabel 1](#).

Tabel 1. Indeks Konsistensi Random

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: [Satty, 2004](#)

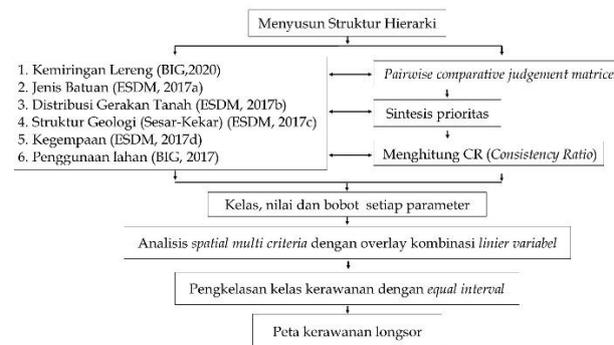
Klasifikasi Tingkat Kerawanan Gerakan Tanah

Tingkat kerawanan diperoleh dari pengkelasan nilai indek skor total. Nilai skor total diperoleh dari perhitungan linier parameter kerawanan. Rumus pendekatan yang digunakan untuk menghitung nilai indek skor total, sebagai berikut:

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

Hasil dari nilai total kerawanan gerakan tanah, kemudian di buat klasifikasi kerawanan. Klasifikasi kerawanan longsor mengacu pedoman penyusunan dan penentuan zona kerentanan gerakan tanah dari [BSN \(2016\)](#), yaitu membagi menjadi empat (4) tingkat kerawanan. Tingkat kerawanan gerakan tanah terbagi menjadi empat (4), yaitu: kerawanan tinggi, menengah, rendah dan sangat rendah ([BNPB, 2012](#); [BSN, 2016](#)). Metode untuk pengkelasan nilai tersebut

menggunakan metode equal interval. Equal interval merupakan teknik pembagian rentang nilai dengan membagi dengan nilai rata sama besar ([Wibowo dan Semedi, 2011](#); [Yamagishi and Bhandary, 2017](#)).



Gambar 1. Langkah kerja kerawanan gerakan statistik spasial multi kriteria.

Hasil dan pembahasan

Hasil Pembobotan

Bagian Berdasarkan hasil penelitian diperoleh penilaian nilai bobot parameter utama dengan didasarkan dengan skala prioritas atau parameter (kriteria). Pembobotan parameter utama antara lain kemiringan lereng, jenis batuan (penyusun batuan), distribusi gerakan tanah aktual, struktur geologi (sesar atau patahan), kerawanan kegempaan, dan tata guna lahan atau penggunaan lahan. Penilaian tersebut didasarkan atas faktor yang paling mempengaruhi atau dominan memicu gerakan tanah. Berdasarkan perhitungan nilai konsistensi (CR) sebesar 3,1%, nilai tersebut menunjukkan nilai konsistensi dan tingkat kepercayaan distribusi populasi data yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam perhitungan pembobotan nilai kerawanan gerakan tanah (longsor). Nilai dan kelas pembobotan parameter kerawanan disajikan pada [Tabel 2](#), sebagai berikut:

Tabel 2. Bobot Parameter Gerakan Tanah

No	Parameter	Prioritas	Bobot	Persentase (%)
1	Kemiringan lereng	1	0,730	73,0
2	Jenis batuan	2	0,220	22,0
3	Distribusi gerakan tanah aktual	3	0,080	0,8
4	Struktur geologi	4	0,030	0,3
5	Kegempaan	5	0,010	0,1
6	Tata guna lahan / penggunaan lahan	6	0,003	0,03

Sumber: Analisis, 2023

Parameter kemiringan lereng dengan kondisi kemiringan yang semakin curam dan terjal memiliki potensi lebih besar terhadap gerakan tanah yang dipengaruhi oleh gerakan gravitasi (Setiawan dkk, 2018; Syaradina dkk, 2017; Titisari, 2019). Indikator atau variabel dari setiap parameter (Tabel 2) gerakan tanah atau longsor diperoleh dari penilaian dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Kelas parameter kemiringan lereng diperoleh dari konversi ketinggian tempat (elevasi) menjadi nilai sudut kemiringan lereng dari *Digital Elevation Model* (DEM) yang diperoleh dari BIG (2020) dengan fungsi *raster surface* dengan *analysis tools* (Taufik, 2016). Nilai perbandingan indeks konsistensi (CR) sebesar 5,4%, nilai tersebut memiliki nilai simpangan yang kecil, dan baik, sehingga dapat digunakan dalam penilaian dan

perhitungan pembobotan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kelas, nilai dan bobot parameter kemiringan lereng, disajikan pada Tabel 3.

Parameter jenis batuan didasarkan atas penyusun batuan atau litologi permukaan yang dicirikan dengan kesamaan penyusun dari formasi geologi (Mandal and Mondal, 2019). Distribusi jenis batuan yang digunakan diperoleh dari ESDM (2017a). Berdasarkan hasil perbandingan indeks konsistensi, menunjukkan nilai konsistensi (CR) sebesar 5,8%, nilai tersebut sangat baik dan berada dalam nilai yang dilolerasi untuk perhitungan. Indikator jenis batuan berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kelas, nilai dan bobot jenis batuan, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Kelas, Nilai dan Bobot Parameter Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan lereng	Kemiringan lereng		Kelas	Nilai	Bobot	Total
		Persen (%)	Derajat (°)				
1	Tegak/terjal	>140	55	1	0,16		0,01168
2	Perbukitan sangat curam	55-140	33-55	2	0,07		0,00511
3	Perbukitan curam	21-55	16-33	3	0,07		0,00511
4	Perbukitan bergelombang curam	14-20	8-16	4	0,03	0,73	0,00219
5	Perbukitan bergelombang	8-13	4-8	5	0,01		0,00073
6	Landai	2-7	2-4	6	0,01		0,00073
7	Datar	0-2	0-2	7	0,01		0,00073

Sumber: Zuidam, 1983, Analisis, 2023

Tabel 4. Kelas, Nilai dan Bobot Parameter Jenis Batuan

No.	Formasi	Jenis batuan	Kelas	Nilai	Bobot	Total
1	Pamekasan (Qpp)	Batulempung berpasir	1	0,14		0,00325
2	Madura (Tpm)	Batugamping pasiran & pejal	2	0,14		0,00312
3	Menuran/Madura (Tpm)	Batugamping pasiran & pejal	3	0,04		0,01056
4	Bulu (Tmb)	Batugamping & napal	4	0,03	0,22	0,00814
5	Ngrayong (tmtn)	Batupasir, batulempung & batugamping	5	0,01		0,00286
6	Tawun (Tmt)	Batulempung pasiran & batugamping	6	0,01		0,00330
7	Aluvial	Pasiran	7	0,009		0,00198

Sumber: Analisis, 2023

Parameter distribusi kejadian gerakan tanah aktual merupakan faktor kejadian gerakan tanah aktual dengan proporsi kejadian, yang mendukung potensi terjadinya bencana longsor yang secara perlahan atau cepat dipengaruhi oleh gravitasi (Mulyono dan Iqbal, 2015). Data distribusi gerakan tanah diperoleh dari ESDM (2017b). Nilai indeks

konsistensi diperoleh dengan nilai sebesar 4,6%, nilai tersebut memiliki simpangan yang kecil dan dapat digunakan untuk perhitungan dan pembobotan kerawanan gerakan tanah (longsor). Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kelas, nilai dan bobot distribusi gerakan tanah, disajikan pada Tabel 5, sebagai berikut:

Tabel 5. Kelas, Nilai dan Bobot Parameter Distribusi Gerakan Tanah

No.	Gerakan tanah	Kelas	Nilai	Bobot	Total
1	Tinggi	1	0,16		0,0128
2	Menengah	2	0,023	0,08	0,0018
3	Rendah	3	0,02		0,0016
4	Sangat Rendah	4	0,01		0,0008

Sumber: Analisis, 2023

Struktur geologi merupakan parameter kerawanan gerakan tanah yang menggunakan parameter dari nilai kedekatan dengan jalur sesar atau kekar (Denik dan Khaerudin 2016). Struktur geologi tersebut memicu pergerakan tanah dilihat dari ketidakstabilan batuan. Pendekatan yang digunakan adalah jika memiliki jarak semakin dekat dengan struktur geologi (sesar-kekar) maka potensi gerakan tanah semakin tinggi (Klose,

2015). Data yang digunakan untuk pemodelan tersebut diperoleh dari ESDM (2017c) dengan analisis jarak. Nilai indeks konsistensi menunjukkan nilai yang baik, sebesar 3,4%, sehingga nilai tersebut dapat digunakan untuk perhitungan dan pembobotan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kelas, nilai dan bobot struktur geologi disajikan pada Tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 6. Kelas, Nilai dan Bobot Parameter Struktur Geologi (Sesar-Kekar)

No.	Struktur geologi (jarak sesar)	Kelas	Nilai	Bobot	Total
1	0-50 m	1	0,14		0,00420
2	50-100 m	2	0,14		0,00420
3	100-200 m	3	0,025	0,03	0,00075
4	200-300 m	4	0,028		0,00084
5	300-400 m	5	0,011		0,00030
6	>400 m	6	0,012		0,00036

Sumber: Analisis, 2023

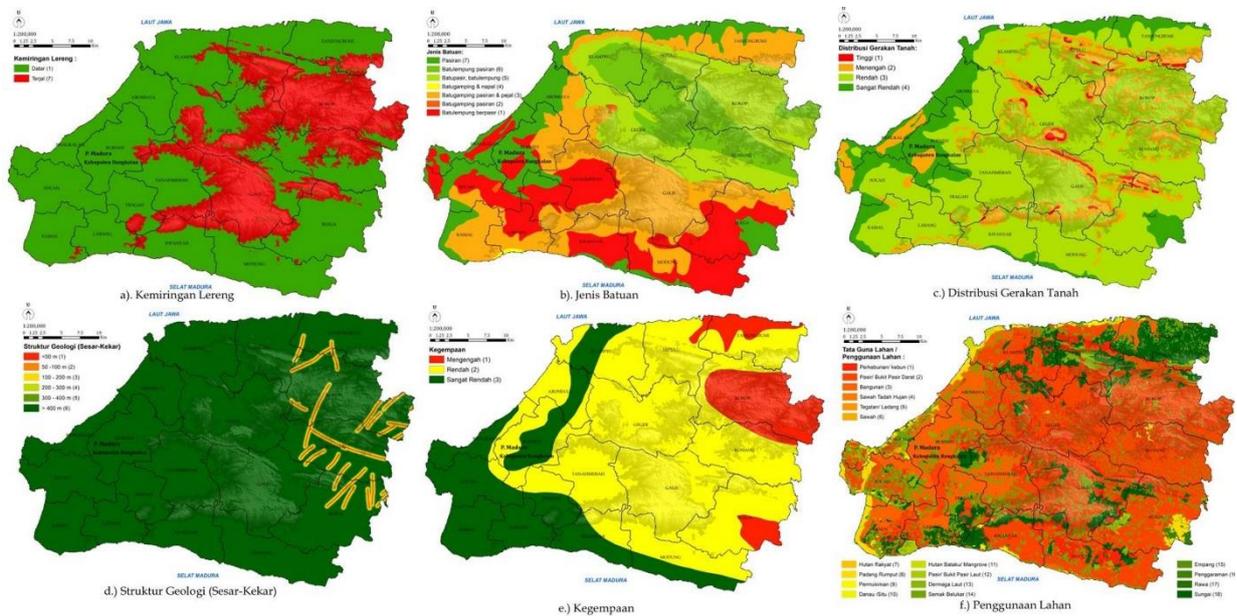
Faktor kegempaan merupakan parameter dengan pendekatan jika potensi gempa (faktor indogen) semakin tinggi maka potensi pergerakan tanah semakin tinggi dan menimbulkan kerentanan yang tinggi [Syahbana dkk, \(2013\)](#). Sumber data kegempaan diperoleh dari [ESDM \(2017d\)](#). Nilai indeks

konsistensi (CR) diperoleh sebesar 7,4%, nilai tersebut masih masuk kedalam nilai toleransi populasi data, sehingga dapat digunakan untuk perhitungan dan pembobotan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kelas, nilai dan bobot kegempaan disajikan pada [Tabel 7](#), sebagai berikut:

Tabel 7. Kelas, Nilai dan Bobot Parameter Kegempaan

No.	Kegempaan (KRB Gempabumi)	Kelas	Nilai	Bobot	Total
1	Menengah	1	0,19		0,0019
2	Rendah	2	0,05	0,01	0,0500
3	Sangat rendah	3	0,01		0,0100

Sumber: [ESDM, 2017d, Analisis, 2023](#)



Gambar 2. Penilaian Masing-Masing Parameter Kerawanan Gerakan Tanah

[Sassa \(2015\)](#) mengungkapkan bahwa faktor pemanfaatan sumber daya lahan yang berlebihan dan alih fungsi lahan yang tidak seimbang dapat memperbesar risiko pergerakan tanah yang disebabkan oleh daya dukung yang rendah. Selain berdasarkan tata guna lahan, faktor kesesuaian lahan sebagai daya dukung peruntukannya (kesesuaian lahan) mempengaruhi nilai kerawanan ([Febriarta dan Oktama, 2020](#)). (Distribusi tata guna lahan atau penggunaan lahan

diperoleh dari peta rupa bumi Indonesia wilayah Kabupaten Bangkalan dari [BIG \(2017\)](#). Berdasarkan perhitungan nilai konsistensi, dipatikan nilai indeks konsistensi (CR) sebesar 9%, nilai tersebut masih masuk nilai toleransi populasi data, sehingga nilai tersebut dapat digunakan untuk perhitungan dan pembobotan parameter kerawanan gerakan tanah. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kelas, nilai dan bobot tata guna lahan atau penggunaan lahan disajikan pada [Tabel 8](#).

Tabel 8. Kelas, Nilai dan Bobot Parameter Kegempaan

No.	Tata guna lahan	Kelas	Nilai	Bobot	Total
1	Perkebunan/kebun	1	0,062		0,000186
2	Pasir/bukit pasir darat	2	0,059		0,000177
3	Bangunan	3	0,057		0,000171
4	Sawah tadah hujan	4	0,056		0,000168
5	Tegalan/ladang	5	0,055		0,000165
6	Sawah	6	0,052		0,000156
7	Hutan Rakyat	7	0,026		0,000078
8	Padang rumput	8	0,023		0,000069
9	Permukiman	9	0,023	0,003	0,000069
10	Danau/Situ	10	0,020		0,000060
11	Hutan bakau/mangrove	11	0,017		0,000051
12	Pasir/Bukit pasir laut	12	0,015		0,000045
13	Dermaga laut	13	0,014		0,000042
14	Semak belukar	14	0,014		0,000042
15	Empang	15	0,008		0,000024
16	Penggaraman	16	0,006		0,000018
17	Rawa	17	0,006		0,000018
18	Sungai	18	0,006		0,000018

Sumber: Analisis, 2023

Zona Kerawanan Gerakan Tanah Kerawanan Sangat Rendah

Nilai indek skor kerawanan gerakan tanah dari hasil perhitungan linier seluruh parameter diketahui berkisar 0,012 hingga 0,039. Nilai indeks kerawanan gerakan tanah yang tinggi (0,039) menunjukkan kemungkinan terjadinya gerakan tanah atau longsor semakin besar atau peluang terjadinya semakin tinggi. Sebaliknya nilai indek semakin kecil atau mendekati nilai 0,012 menunjukkan nilai dengan risiko terjadinya gerakan tanah atau longsor semakin kecil atau hampir tidak pernah terjadi longsor.

Berdasarkan nilai indek tersebut dapat dikelaskan kedalam tingkat kerawanan sebagai berikut; nilai sangat rendah berkisar 0 - 0,012, nilai rendah berkisar 0,012 - 0,021 memiliki risiko gerakan tanah yang sangat kecil atau namun mempunyai potensi terjadinya atau pemicu gerakan tanah sudah mulai nampak. Nilai menengah berkisar 0,021 - 0,030, menunjukkan risiko yang cukup signifikan terjadinya gerakan tanah atau longsor dan perlu diwaspadai. Sedangkan nilai tinggi, dengan nilai >0,030 (0,030 - 0,039) merupakan wilayah dengan nilai risiko yang sangat tinggi akan terjadinya gerakan tanah

atau longsor dan sangat perlu dilakukan mitigasi untuk mengurangi risiko tersebut.

Tingkat kerawanan sangat rendah merupakan kerawanan gerakan tanah (longsor) yang tidak terjadi potensi gerakan tanah (longsor) dengan proporsi kejadian longsor hampir tidak pernah terjadi. Tingkat kerawanan sangat rendah terdapat pada kondisi dengan sudut lereng 0-4° atau kemiringan lereng datar hingga landai. Jenis penyusun batuan berupa pasir berlempung dengan distribusi gerakan tanah berada di daerah jarang terjadi. Formasi batuan penyusun di karakteritik sangat rendah berupa aluvial berupa pasir halus, Formasi Tawun dengan penyusun batuan berupa batulempung dan Formasi Ngrayong (Tabel 3) dengan dominasi batuan penyusun berupa batugamping lempungan.

Secara parameter jarak terhadap struktur geologi berada jauh (> 400m) dari zona patahan atau sesar, sehingga potensi gerakan tanah termasuk nilai yang rendah. Selain faktor tersebut, kerawanan sangat rendah berada di kawasan rawan bencana rendah. Secara faktor penggunaan lahan di atasnya berupa daerah perairan dengan jenis vegetasi yang tidak rapat. Berdasarkan hasil penelitian secara umum kerawanan gerakan tanah

di Kabupaten Bangkalan didominasi dengan tingkat kerawanan sangat rendah dengan luas wilayah 644 km² atau 49,81% (Tabel 9). Distribusi kerawanan sangat rendah tersebar disebagian besar pesisir hingga daerah dengan morfologi landai, seperti yang disajikan pada Gambar 3.

Kerawanan Rendah

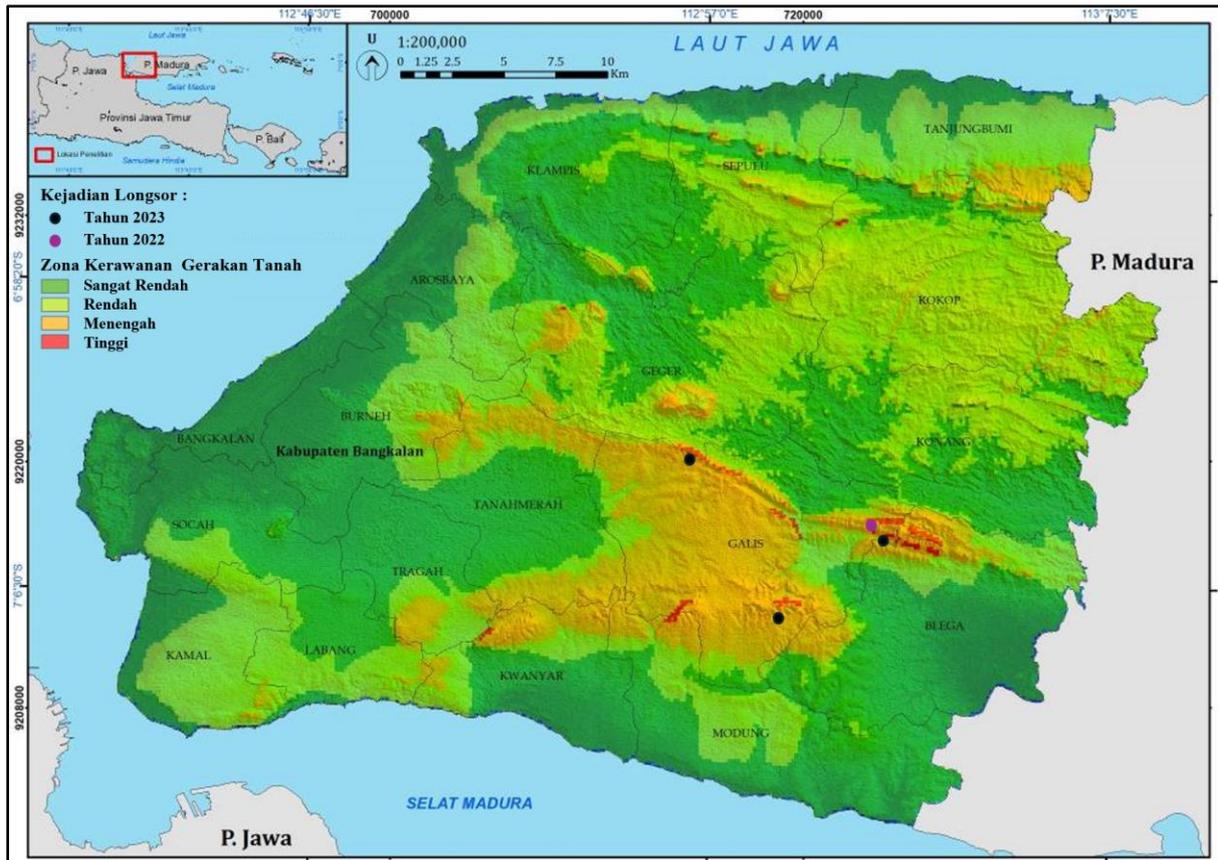
Kerawanan rendah gerakan tanah (longsor) merupakan daerah atau kawasan dengan potensi proporsi kejadian gerakan tanah hingga 5% populasi kejadian longsor aktual. Zona kerawanan rendah dicirikan dengan kondisi sudut lereng 4-8° atau dengan kemiringan lereng landai hingga bergelombang, selain itu faktor penyusun batuan dengan jenis pasir hingga lempungan. Formasi batuan di kerawanan rendah tersusun atas formasi aluvial yang berupa pasir hingga endapan pasir

perslingan batulepung yang merupakan bagian dari Formasi Ngrayong dan Tawun dan Madura. Zona dengan tingkat kerawanan rendah berjarak 300-400 m dari zona patahan/ sesar, dengan potensi kegempaan yang rendah atau berada pada kawasan rawan bencana gempa bumi yang rendah dan kejadian distribusi gerakan tanah yang rendah hingga menengah. Secara tutupan penggunaan lahan mempunyai kerapatan vegetasi yang rendah hingga sedang, seperti semak belukar hingga tegalan/ladang. Zona kerawanan gerakan tanah rendah terdistribusi pada sebagian morfologi bergelombang. Zona kerawanan rendah mempunyai prosentase kedua dengan luas 483 km² (37,3%). Luas kecamatan yang dengan tingkat kerawanan rendah disajikan pada Tabel 9 dan secara distribusi spasial (keruangan) disajikan pada Gambar 3.

Tabel 9. Luas Zona Kerawanan Gerakan Tanah

Kecamatan	Sangat Rendah		Rendah		Menengah		Tinggi	
	Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%	Luas (km ²)	%
Arosbaya	24	1,86	20	1,54	-	-	-	-
Bangkalan	36	2,78	0,01	0,001	-	-	-	-
Blega	70	5,41	17	1,31	13	1	1	0,08
Burneh	45	3,48	23	1,77	3	0,23	-	-
Galis	17	1,31	18	1,39	80	6,18	2	0,15
Geger	52	4,02	57	4,40	8	0,61	-	-
Kamal	12	0,93	33	2,55	1	0,07	-	-
Klampus	58	4,49	16	1,23	1	0,07	-	-
Kokop	14	1,08	105	8,12	3	0,23	-	-
Konang	54	4,18	35	2,70	-	-	-	-
Kwanyar	30	2,32	10	0,77	11	0,85	-	-
Labang	17	1,31	19	1,46	1	0,07	-	-
Modung	55	4,25	22	1,70	6	0,46	-	-
Sepulu	32	2,47	37	2,86	1	0,07	-	-
Socah	49	3,79	8	0,61	-	-	-	-
Tanahmerah	38	2,94	12	0,92	21,0	1,62	-	-
Tanjungbuni	15	1,16	43	3,32	9	0,69	-	-
Tragah	26	2,01	8	0,61	6	0,46	-	-
Total	644	49,81	483	37,3	164	12,6	2,0	0,15

Sumber: Analisis, 2023



Gambar 3. Distribusi Zona Kerawanan Gerakan Tanah.

Kerawanan Menengah

Kerawanan gerakan tanah tingkat menengah, merupakan daerah dengan potensi gerakan tanah dengan proporsi kejadian 5-15% dari populasi kejadian gerakan tanah (longsor). Zona kerawanan tingkat menengah, memiliki karakteristik kondisi wilayah dengan sudut lereng 8-33 atau dengan kemiringan lereng bergelombang hingga perbukitan, dengan kondisi penyusun batuan lepas-lepas ukuran butiran pasir halus hingga kerikil. Penyusun batuan pada formasi Maduran, Bulu dan Ngrayong, memiliki kerentanan rendah hingga menengah dengan jenis batuan pasir. Parameter struktur geologi pada zona kerawanan tingkat menengah

Kerawanan Tinggi

Tingkat kerawanan tinggi merupakan zona kerawanan dengan proporsi kejadian gerakan tanah (longsor) hingga 25%. Tingkat kerawanan tinggi, memiliki karakteristik kondisi kemiringan lereng curam ($>55^\circ$), dengan morfologi bergelombang hingga perbukitan.

berada pada zona sesar-patahan 100-400 m, dan berada pada zona kerawanan gempa bumi rendah. Tingkat kerawanan pada tata guna lahan berada pada kerapatan vegetasi rendah hingga sedang. Luas wilayah zona tingkat kerawanan menengah seluas 164 km² (12,6%) (Tabel 9). Distribusi zona kerawanan menengah berada di bagian tengah daerah penelitian, secara spasial (keruangan) disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan BNPB (2023) kejadian tanah longsor di Kabupaten Bangkalan pada tahun 2022 terjadi di dua kali di kecamatan Galis sebanyak 1 (satu) kali. Secara keruangan lokasi tersebut berada di zona kerawanan menengah seperti pada Gambar 3.

Secara umum tingkat kerawanan tinggi merupakan zona kerawanan paling kecil dengan luas 2 km² (0,15%) (Tabel 9). Menurut Zona kerawanan gerakan tanah, memiliki ciri-ciri penyusun batuan dengan jenis rombakan, berada dengan zona rawan gempa dengan tingkat rendah hingga menengah. Jarak struktur geologi (jarak zona patahan) 0-200 m. Distribusi kerawanan tinggi berada pada

puncak dari perbukitan di bagian tengah di Kecamatan Galis, secara spasial (keruangan) disajikan pada [Gambar 3](#).

Simpulan

Di daerah penelitian terdapat empat (4) zona kerawanan gerakan tanah (longsor). Tingkat kerawanan sangat rendah dengan luas 644 km² (49,81%). Secara umum tingkat kerawanan gerakan tanah (longsor) di Kabupaten Bangkalan adalah sangat rendah. Tingkat kerawanan gerakan tanah (longsor) rendah seluas 483 km² (37,2%), saran yang dapat diberikan adalah dengan memberikan edukasi atau pengenalan kebencanaan gerakan tanah (longsor). Tingkat kerawanan gerakan tanah (longsor) menengah dengan luas 164 km² (12,6%), saran yang dapat diberikan adalah dengan pemberian rambu-rambu kebencanaan dan menyusun langkah mitigasi kebencanaan. Tingkat kerawanan gerakan tanah (longsor) tinggi dengan luas 2 km² (0,15%) merupakan kerawanan paling kecil. Saran yang dapat diberikan adalah dengan menyusun langkah mitigasi bencana, terutama masyarakat yang tinggal zona tersebut.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari pengembangan pemodelan kebencana dari Tim Laboratorium Kebencanaan Program Studi (S1) Geografi Universitas AMIKOM. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pihak Universitas AMIKOM Yogyakarta yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Referensi

Badan Informasi Geospasial (BIG). (2020). *DEMNAS 1609-21*. Diakses pada 5 Mei 2020. <http://tides.big.go.id>.

Badan Informasi Geospasial (BIG). (2017). *Peta Rupa Bumi Indonesia Wilayah Kabupaten Bangkalan Skala 1:25.000*. Diakses pada 5 Juni 2020 <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah>.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2012). *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Nomor 02*

tahun 2012. Badan Nasional Penanggulangan Bencana: Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2016). *Standar Nasional Inonesia (SNI) 8291:2016 Penyusunan dan penentuan zona kerentanan gerakan tanah*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- BNPB. (2023). *Kejadian Longsor Kabupaten Bangkalan*. BNPB.
- Denik dan Khaerudin, D.N. (2016). Pembagian Zona Penanganan Banjir Sebagai Evaluasi Kapasitas Drainase Kota Labuan Bajo. *Jurnal Reka Buwana*. 1(1). 34-4.
- Febriarta, E., Oktama, R., Purnama, S., (2020). Analisis Daya Dukung Lingkungan Berbasis Jasa Ekosistem Penyedia Pangan dan Air Bersih di Kabupaten Semarang. *Geomedia*. 18(1).12-24. <https://doi.org/10.21831/gm.v18i1.30612>.
- Febriarta, E., dan 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., & Wibowo, Y. A. (2021). Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Teknik Geospasial Statistik di Macang Pacar, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Geografi*, 18(1), 9–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.26234>
- Febriarta, E., Larasati, A., Wacano, D., & Suherningtyas, I. (2022). Penentuan Zona Kerawanan Gerakan Tanah Dengan Metode Heuristik Das Serang Kabupaten Kulon Progo (Determination of mass movement vulnerability zone using heuristic methods in Serang watershed Kulon Progo District). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 6(1), 1–20. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2022.6.1.1-20>
- Klose, M. (2015). *Landslide Databases as Tools for Integrated Assessment of Landslide Risk*. Springer: Switzerland.
- Mandal, S., Mondal, S. (2019). *Geoinformatic and Modeling of Landslide Susceptibility and Risk, An RS and GIS based model*

- building approach in the Eastern Himalaya*. Springer: Switzerland.
- Marfai, M.A., Febriarta, E., Prabawa, B.A., Rosaji, F.S.C. (2019). *Rencana Pemenuhan Kuantitas Dan Kualitas Air Desa Bandangdaja, Tanjungbumi, Bangkalan, Madura*. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2017a). *Geologi*. 31 Mei 2017. Diakses pada 5 Juni 2020. <https://geoportal.esdm.go.id/geologi>.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2017b). *Distribusi Gerakan Tanah*. 31 Mei 2017. Diakses pada 5 Juni 2020. <https://geoportal.esdm.go.id/geologi>.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2017c). *Geologi Struktur*. 31 Mei 2017. Diakses pada 5 Juni 2020. <https://geoportal.esdm.go.id/geologi>.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2017d). *Kejadian Kegempaan*. 31 Mei 2017. Diakses pada 5 Juni 2020. <https://geoportal.esdm.go.id/geologi>.
- Miyagi, T. (2018). *Landslide Dynamic Volume 1 Fundamental, Mapping and Monitoring, Landslide Mapping Through the Interpretation of Aerial Photographs*. Springer: Switzerland.
- Mulyono, A., Iqbal, P. (2015). Karakteristik Fisik Tanah Longsor di Jalur Transek Liwa-Bukit Kemuning Lampung Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 6(1).9-18
- Paksi, J.A.I., Pertiwi, D.A.S. (2018). Analisis Kondisi Atmosfer dengan Memanfaatkan Citra Satelit Cuaca dan Karakteristik Tanah pada Kejadian Tanah Longsor di Pesisir Barat Lampung Sepanjang Tahun 2014. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 9(2).65-75.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM). (2011). *Pedoman Mitigasi Bencana Gunungapi, Gerakan Tanah, Gempa Bumi dan Tsunami Nomor 15 Tahun 2011*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Rocchi, G and Viaciago, G. (2013). *Landslide Science and Practice, Volume 3, Spasial Analisis dan Modeling Geomechanical basis of Landslide Classification and Modeling of Triggering*. Springer: Berlin.
- Raharjo, P.D., Widiyanto, K., Winduhutomo, S., Al' Afif, M. (2019). Peranan Geomorfologi dalam Perencanaan Bangunan Zona Ancaman Longsor Tinggi di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong Bagian Utara. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 10(3).139-148.
- Sassa, K. (2015). *Engineering Geology for Society and Territory Volume 2: Landslide Risk Assessment at Cultural Heritage Sites*. Springer: Switzerland.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Book Company, New York, p 265p.
- Saaty, T.L. (2004). Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* 13, 1–35 (2004). <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>.
- Setyaningrum, A., dan 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-5.5.36-41. <https://DOI.10.17605/OSF.IO/82PTU>.
- Setiawan, L.C., Sentosa, G.S., Iskandar, A. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Batuan dengan Metode Perkuatan Ground Anchor dan Soil Nailing di Labuan Bajo, NTT. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. 1(1).102-110.
- Syaradina, Z.A., Sumunar, D.R.S., Khotimah, N. (2017). Tingkat dan Sebaran Risiko Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang. *Jurnal Geomedia*. 15(2).217-231.
- Syahbana, A.J., Tohari, A., Soebowo, E., Sarah D., dan Sugianti, K. (2013). Desain Cut Slope Chart Untuk Evakuasi Kestabilan Lereng Diatas Badan Jalan, studi kasus: Cinona, Cisalak dan Cijengkol Kabupaten Bndung Barat Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 4(1).33-47.
- Taufik, M., Kurniawan, A., Putri, A.R. (2016). Identifikasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis). *Jurnal Teknik ITS*. 2(1). 78-82.

- Titisari, D.A., Zaidini, H., Husna, K., Putra, I.D., Indrawan, I.G.B. (2019). Penentuan Zona Kerentanan Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi dan Alterasi batuan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 4(2). 11-158.
- Wibowo A., dan Semedi J.H. (2011). Model Spasial dengan SMCE untuk kesesuaian kawasan industri (Studi kasus di Kota Serang). *Jurnal Globe*. 13(1).50-59.
- Yamagishi, H., and Bhandary, N.P. (2017). *GIS Landslide*. Springer: Japan.
- Zuidam, R. A. (1983). *Guide to Geomorphologic aerial photographic interpretation and mapping*. Enschede: Section of Geology and Geomorphology, ITC. 325.