

Analisis kestabilan lereng dan zonasi rawan longsor di Kecamatan Pandanarum, Banjarnegara, Jawa Tengah

Slope stability analysis and landslide susceptibility zonation in Pandanarum District, Banjarnegara Regency, Central Java

Gilang Pamungkas¹, Sari Bahagiarti Kusumayudha^{2*}

^{1,2}Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
e-mail: *saribk@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian, secara administratif berada pada Kecamatan Pandanarum, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, pada koordinat (UTM) 342475-347475 mT 9195858-9201858 mU. Kondisi geomorfologi berupa perbukitan yang tersusun atas batuan vulkanik dan batuan lempungan. Perbedaan karakteristik antara material vulkanik yang memiliki tingkat permeabilitas tinggi yang menumpang di atas material dengan permeabilitas yang rendah menjadikan daerah penelitian sangat berpotensi mengalami longsor. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kestabilan lereng dan membangun zonasi kerawanan longsor berdasarkan aspek geologi, dan geologi teknik. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa geomorfologi daerah penelitian bervariasi mulai dari dataran hingga perbukitan. Stratigrafi dari dari tua ke muda yaitu, Satuan batulempung Merawu, Satuan batupasir-tufan Penyatan, Satuan lava Kumbang Satuan intrusi andesit, Satuan breksi Ligung, Satuan endapan aluvial. Struktur geologi meliputi kekar, lipatan dan sesar. Sesar di daerah penelitian terdiri dari Sesar Beji, Sesar Pringamba, Sesar Pasegeran, dan Sesar Lawen. Nilai faktor keamanan lereng di daerah penelitian adalah 1.09 (kritis) untuk lereng 1, nilai 1.84 (stabil) untuk lereng 2, nilai 1.74 (stabil) untuk lereng 3, nilai 1.19 (kritis) untuk lereng 4, dan nilai 1.93 (stabil) untuk lereng 5. Zona Kerawanan longsor sangat rendah terdapat pada Dusun Sigeg, Zona Kerawanan Rendah terdapat pada Dusun Gelaran, Dusun Lempeng dan Desa Beji, Zona Kerawanan Sedang meliputi Dusun Semampir, Desa Pagerengan, dan Desa Pringamba, Zona Kerawanan, Zona Kerawanan tinggi terdapat pada Desa Sirongge, sebagian Desa Bodas, sebagian Desa Beji, dan sebagian Desa Lawen. Zona Kerawanan sangat tinggi terdapat pada Desa Pasegeran dan Desa Pringamba.

Kata-kata kunci: Faktor keamanan; Geologi; Kestabilan lereng; Rawan longsor

ABSTRACT

The study area is administratively located in Pandanarum Subdistrict, Banjarnegara Regency, Central Java, Indonesia, within UTM coordinates 342475–347475 mE and 9195858–9201858 mN. The geomorphological setting is characterized by hills, developed on volcanic rock units and clay-dominated lithologies. The superposition of highly permeable volcanic materials over low-permeability claystone units creates unfavorable hydrogeological conditions that enhance landslide susceptibility. This study aims to analyze slope stability and to establish landslide susceptibility zonation based on geological and engineering geological factors. Stratigraphically, the area consists, from oldest to youngest, of the Merawu Claystone Unit, Penyatan Tuffaceous Sandstone Unit, Kumbang Lava Unit, Andesite Intrusion Unit, Ligung Breccia Unit, and Alluvial Deposits Unit, while geological structures include joints, folds, and several faults, namely the Beji, Pringamba, Pasegeran, and Lawen faults, which locally control slope instability. Slope stability analysis yields factor of safety values of 1.091 (critical) for Slope 1, 1.83 (stable) for Slope 2, 1.74 (stable) for Slope 3, 1.19 (critical) for Slope 4, and 1.93 (stable) for Slope 5. Landslide susceptibility zonation indicates that very low susceptibility occurs in Sigeg Hamlet, low susceptibility in Gelaran and Lempeng Hamlets and Beji Village, moderate susceptibility in Semampir Hamlet, Pagerengan Village, and Pringamba Village, high susceptibility in Sirongge Village and parts of Bodas, Beji, and Lawen Villages, and very high susceptibility in Pasegeran and Pringamba Villages, providing an essential scientific basis for landslide risk mitigation and spatial planning in the study area.

Keywords: Factor of safety; Geology; Landslide susceptibility; Slope stability

Submitted: 21-12-2026; Revised: 07-01-2026; Accepted: 01-02-2026; Available Online: 30-04-2026

Published by: Geological Engineering, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University

This is an open access article under the CC BY license <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

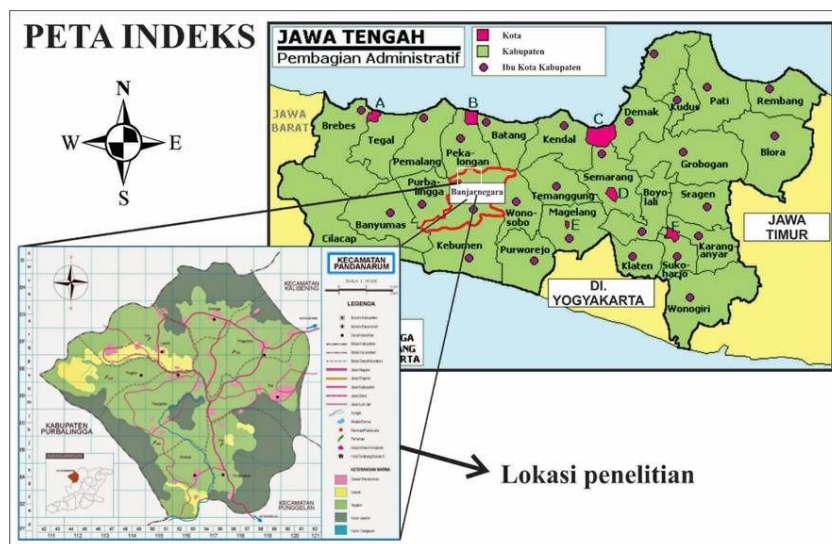
©2026, Geoparks

PENDAHULUAN

Kecamatan Pandanarum, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah merupakan dataran tinggi yang sering mengalami bencana tanah longsor. Pada tahun 2017 hingga 2018 tercatat terjadi 202 kasus kejadian tanah longsor di Banjarnegara (BPBD, 2020), dari total kejadian tersebut terdapat 27 kasus longsor yang terjadi di Kecamatan Pandanarum. Pada tanggal 15 November 2025 pun terjadi longsor di dusun Situkung, desa Pandanarum, Kecamatan Pandanarum, menelan korban 14 jiwa, 15 lainnya diduga tertimbun, 800 orang mengungsi (<https://www.detik.com/jateng/berita/d-8223875/update>).

Banyaknya kasus kejadian longsor di Kecamatan Pandanarum disebabkan oleh intensitas pelapukan yang tinggi dan keterdapatan lereng-lereng yang terjal. Selain faktor tersebut, struktur geologi, jenis litologi, dan endapan vulkanik yang menumpang pada batulempung ditengarai juga sebagai salah satu penyebab banyaknya kejadian longsor di Banjarnegara (Wijaya dkk., 2016). Perbedaan karakteristik antara material vulkanik yang memiliki permeabilitas tinggi yang menumpang di atas material dengan permeabilitas yang rendah tersebut apabila dipicu oleh infiltrasi air hujan yang tinggi sangat berpotensi memicu tanah longsor. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian dan pemetaan daerah rawan longsor berbasis geologi dan geologi teknik sebagai usaha mitigasi terjadinya longsor.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji kondisi geologi, karakteristik sifat fisik dan mekanik tanah, kondisi kestabilan lereng, dan memetakan zonasi kerawanan longsor daerah penelitian. Adapun lokasi penelitian secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Pandanarum dan sebagian wilayah Kecamatan Kalibening, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif dan kuantitatif berdasarkan data primer yang diperoleh melalui pemetaan geologi permukaan, pengukuran geometri lereng, dan pengambilan data geologi teknik. Pengambilan sampel batuan untuk uji laboratorium, analisis petrografi batuan, analisis paleontologi foraminifera mikro untuk penentuan umur relative, dan lingkungan batimetri. Analisis kalsimetri dilakukan untuk menentukan kandungan CO_3 (karbonat) batuan gampingan. Analisis struktur geologi menggunakan metode stereografis.

Pengujian di laboratorium dilakukan pada sampel tanah untuk menentukan sifat fisik dan mekanik tanah. Analisis kestabilan lereng, penentuan faktor keamanan lereng dilakukan menggunakan software Slope 2012. Penentuan zonasi rawan longsor, dilakukan dengan overlay parameter- parameter yang berpengaruh terhadap longsor. Kriteria keruntuhan *Mohr-Coulomb* digunakan untuk menggambarkan keruntuhan geser dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \phi \quad (1)$$

dimana : c : kohesi (kN/m^2); ϕ : sudut geser dalam ($^\circ$); σ_f : tegangan normal (kN/m^2); τ_f : tegangan geser (kN/m^2).

Klasifikasi tanah dilakukan dengan menggunakan sistem *Unified Soil Classification System* (USCS). Pengujian sifat mekanik tanah dilakukan pada 10 sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*) yang diambil pada 5 lereng yang berpotensi mengalami longsor. Metode yang digunakan yaitu uji geser langsung (*direct shear test*) untuk mengetahui parameter kuat geser tanah yang berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Analisis kestabilan lereng pada penelitian ini didasarkan pada prinsip kesetimbangan batas (*limit equilibrium*). Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan.

$$FK = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}} \quad (2)$$

Lereng yang stabil memiliki harga FK yang tinggi dan lereng yang tidak stabil memiliki harga FK yang rendah. Analisis Kestabilan Lereng Metode *Morgenstern-Price* Dalam metode ini, dibuat asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan (E) dengan persamaan :

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \quad (3)$$

Tiap-tiap gaya yang bekerja antar irisan bidang longsor (ditunjukkan pada Gambar 2.2) berlaku persamaan :

$$P = \frac{[Wn - (X_R - X_L) - \frac{1}{F}(c'(\sin \alpha - ul \tan \phi' \sin \alpha))]}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{E})} \quad (4)$$

dimana: P = Gaya Normal; c' = kohesi, jika analisis dalam kondisi *undrained* diambil c_u (*cohesion undrained*), jika dalam kondisi *drained* diambil nilai kohesi efektif; Wn = gaya akibat beban tanah ke-n; α = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor; ϕ' = sudut geser tanah (jika dalam kondisi *undrained* nilai sudut geser 0); u = tekanan air pori; X_R, X_L = gaya gesek yang bekerja di tepi irisan.

Persamaan yang digunakan dalam penentuan nilai kesetimbangan momen adalah :

$$F_m = \frac{\sum (c' l + (p - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha} \quad (5)$$

Persamaan yang digunakan dalam penentuan nilai kesetimbangan gaya adalah :

$$F_f = \frac{\sum [c' l + (P - ul) \tan \phi'] \cos \alpha}{\sum P \sin \alpha} \quad (6)$$

Penentuan Zonasi Kerawanan Longsor, dilakukan dengan overlay parameter- parameter yang berpengaruh terhadap longsor berupa peta jenis batuan, peta kelerengan, peta curah hujan, peta densitas struktur, peta proporsi kejadian longsor, dan peta tata guna lahan. Parameter-parameter tersebut kemudian diolah menggunakan *software* ArcGIS dan dianalisis untuk memperoleh zona kerawanan longsor. Pemberian bobot masing-masing parameter dilakukan (Tabel 1. dan Tabel 2).

Tabel 1. Zona kerawanan longsor

Zona Kerentanan	Nilai Kelas	Skor Indeks Bahaya
Sangat Rendah	1	Nilai Kelas / Nilas Kelas Maksimal
Rendah	2	
Sedang	3	
Tinggi	4	
Sangat Tinggi	5	

Tabel 2. Parameter dan pembobotan skor

Data	Parameter	Pengkelasan	Nilai Kelas	Skor
DEM	Kemiringan Lereng	15 – 30 %	1	0.25
		30 – 50 %	2	0.50
		50 – 70 %	3	0.75
		>70 %	4	1.00
Geologi	Tipe Batuan	Alluvial	1	0.33
		Sedimen	2	0.66
		Vulkanik	3	1.00
		>400 m	1	0.20
	Jarak dan Sesar	300 – 400 m	2	0.40
		200 – 300 m	3	0.60
		100 – 200 m	4	0.80
		0 – 100 m	5	1.00
Hidrologi	Curah Hujan	<2000 mm	1	0.33
	Tahunan	2000 – 3000 mm	2	0.66
		>3000 mm	3	1.00

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi

Wilayah Kecamatan Pandanarum secara geomorfologi berupa perbukitan. Stratigrafi mulai dari yang paling tua ke paling muda, berturut-turut terdiri dari Formasi Merawu, Formasi Penyatan, Formasi Kumbang, Formasi Ligung, dan endapan alluvial (Gambar 2). Formasi Merawu terdiri atas dua anggota yang saling menjemari yaitu Anggota Batulumpur dan Anggota Batupasir. Anggota Batulumpur berdasarkan mikrofosil berupa foraminifera kecil *Globorotalia obessa*, *Globigerina praebuloides*, *Orbulina universa*, dan *Globigerinoides immaturus*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerina praebuloides*, *Globigerina riveroae*, dan *Globorotalia menardii*. Yang memiliki kisaran umur Miosen Tengah-Miosen Akhir (N14-N16) (Blow, 1969).

Formasi Penyatan terdiri dari perselang-selingan antara batupasir dan batulanau gampingan, serta napal banyak mengandung fosil foraminifera. Umur Formasi Penyatan berdasarkan analisis paleontology berupa fosil foraminifera menunjukkan umur Miosen Akhir - Pliosen Awal. di beberapa bagian menunjukkan struktur konvolut yang menjadi penciri endapan turbidit laut dalam. antara Formasi Penyatan dengan Formasi Merawu diperkirakan mempunyai hubungan yang selaras.

Formasi Kumbang terdiri atas lava andesit dan basal, breksi, tuff, setempat dijumpai breksi batupung dan tuff pasir serta sisipan napal. Umur Formasi Kumbang berkisar antara Miosen Tengah-Pliosen awal. Formasi Kumbang diendapkan menjemari dengan Formasi Penyatan.

Formasi Ligung terdiri dari Anggota Breksi dan Anggota Lempung. Anggota Lempung terdiri dari batulempung tufan, batupasir tufan berlapis silangsiur dan konglomerat, setempat

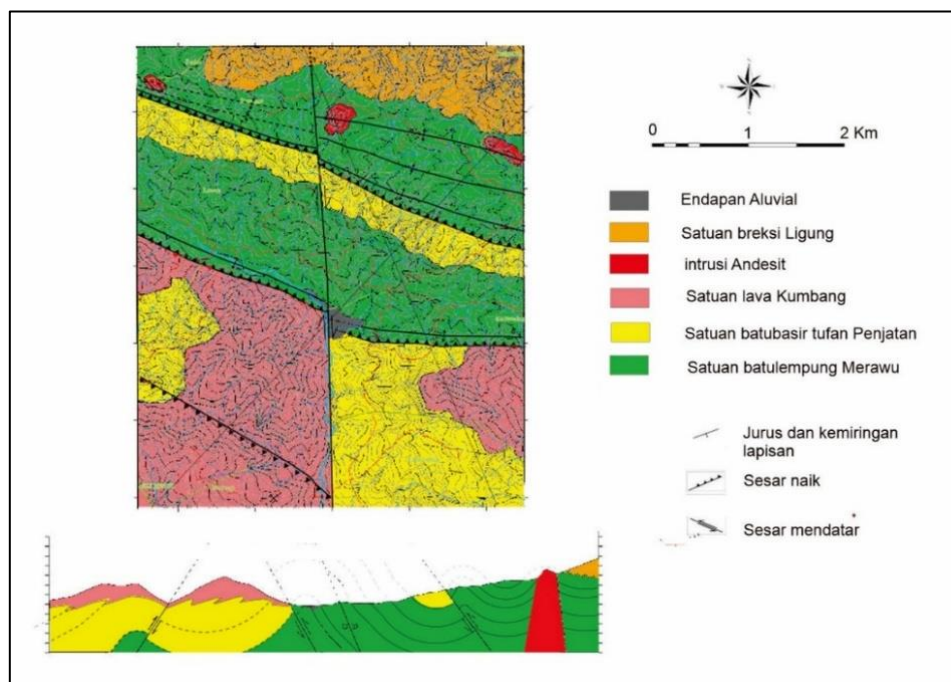
sisia tumbuhan dan batubara muda yang menunjukkan bahwa anggota ini diendapkan bukan di lingkungan laut, merupakan bagian bawah dari Formasi Ligung. Anggota Breksi berumur Pleistosen, terdiri dari satuan batuan breksi gunung api (aglomerat) yang bersusunan andesit, lava andesit hornblenda dan tufa. Di atas Formasi Ligung diendapkan endapan undak sungai berupa pasir, lanau, tufa, konglomerat dan breksi tufaan yang tersebar di sepanjang lembah Sungai Serayu.



Gambar 2. Ciri litologi satuan batulempung Merawu. (kiri) foto singkapan dan *close up* serpih (azimuth foto N 035° E). (kanan) foto singkapan dan *close up* batulempung sisipan batupasir karbonatan (azimuth foto N 167° E).

Di daerah penelitianpun dijumpai batuan intrusi berumur Pliosen. sebagai *Porphyritic Andesite* (Williams, 1982). satuan ini mengintrusi Satuan Batulempung Merawu. Umur intrusi ini yaitu Pliosen (Condon, dkk, 1996).

Satuan termuda di daerah penelitian berupa Endapan Aluvial tersebar di tepi Sungai Panjatan di Desa Pingit Lor, dan Desa Lawen. Hubungan stratigrafi antara Endapan Alluvial dengan satuan yang ditumpanginya yaitu Satuan Batulempung Merawu adalah tidak selaras jenis ketidak selarasan menyudut (*angular unconformity*). Peta Geologi (Gambar 3), dan stratigrafi daerah penelitian (Gambar 4) adalah sebagai berikut.

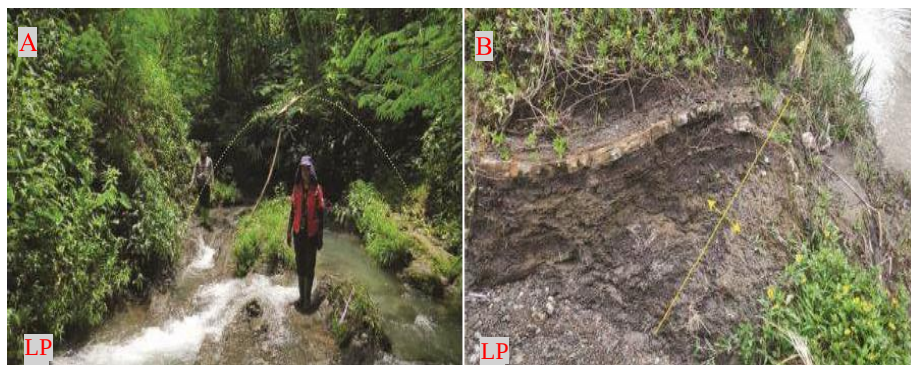


Gambar 3. Peta Geologi daerah penelitian

UMUR GEOLOGI		SATUAN BATUAN	DESKRIPSI SATUAN	KAWASAN PENYUSUNAN
ERA	PERIOD			
KUATERNARI	HOLOSEN	Satuan endapan aluvial	Satuan endapan aluvial : berupa material lepas hasil pengendapan Kali Panjatan, setempat membentuk <i>point bar</i> sungai, memiliki ciri berwarna abu-abu, berukuran pasir-bongkah, litologi penyusun dari litologi sekitar yaitu batulempung, fragmen batuan beku. <i>Angular unconformity</i>	Darat
	PLISTOSEN	Satuan breksi Ligung	Satuan breksi Ligung : terdiri atas breksi dengan karakteristik berwarna fresh coklat lapuk kemerahan, ukuran batupasir kasar hingga bongkah, menyudut, terpecah buruk, kemas terbuka, fragmen berupa andesit, matriks batupasir kasar, serta semen silika menindih secara tidak selaras Satuan batulempung Merawu. <i>Angular unconformity</i>	Darat
NEOGEN	PLIOSEN	Ketidakselarasan	Satuan lava Kumbhang : lava andesit berwarna abu-abu gelap, hipokristalin, dengan ukuran afanit-ferik sedang, struktur vesikuler, masif dan setempat dijumpai struktur seperti bantal (<i>pillow lava</i>).	Laut
		Satuan intrusi andesit	Satuan intrusi andesit : memiliki karakteristik batuan berwarna abu-abu gelap, masif, derajat kristalinitas hipokristalin, granularitas afanit hingga fenerik halus, pada pengamatan PPL memperlihatkan warna coklat muda-coklat kekuningan, hipokristalin, porfiritik.	Laut
	MIOSEN	Satuan batupasir tuffan Penyatan	Satuan batupasir tuffan Penyatan : terdiri atas Batupasir tuffan, dan setempat dijumpai perulangan batupasir tuffan dan lempung. Batupasir tuffan memiliki struktur perlapisan dan di beberapa tempat dijumpai memiliki struktur masif, batupasir tuffan memiliki ciri berwarna fresh abu abu, warna lapuk coklat kemerahan, berukuran butir pasir halus hingga kasar, membundar, derajat pemilahan baik. Batulempung yang hadir sebagai perulangan memiliki ciri berwarna coklat-hitam, kedudukan lapisan batuan antara 14 hingga 21, menindih secara selaras satuan batulempung Merawu.	Chained portion of supratidal lobes on mud flat
		Satuan batulempung Merawu	Satuan batulempung Merawu : bagian bawah didominasi oleh batulempung dengan sisipan batupasir dan batupasir karbonatan. Batulempung bagian bawah memiliki warna abu-abu, struktur masif, perlapisan dan beberapa menyerpih. Batupasir karbonatan berwarna abu-abu cerah, berukuran pasir halus hingga pasir sangat halus. batupasir menunjukkan tekstur klastik, bentuk butir membulat-membulat tanggung dengan kemas tertutup dan tersortasi sedang. Berangsur ke atas, satuan batulempung Merawu didominasi batulempung dengan sedikit sisipan batupasir. Batulempung bagian atas memiliki ciri-ciri berwarna hitam, berstruktur masif, perlapisan, dan slump, serta tidak bersifat karbonatan. Kedudukan batuan antara 23 hingga 84.	Smooth to shagreened section of supratidal lobes on mud flat

Gambar 4. Kolom stratigrafi daerah penelitian

Struktur geologi daerah penelitian meliputi struktur kekar, sesar, dan lipatan. *antiklin* dan *sinklin*. Struktur lipatan pada daerah penelitian berkembang dengan arah relatif barat laut tenggara. Lipatan tersebut terdiri dari *Antiklin Beji*, dan *Antiklin Kali Panjatan* (Gambar 5). *Antiklin* Kali panjatan terletak di Kali Panjatan. Sesar Kali Congang merupakan sesar mendatar mengiri turun. Jenis sesar ini yaitu sesar naik (*reverse slip fault*) berdasarkan klasifikasi Rickard (1972).



Gambar 5. (A) lipatan (azimuth foto N 272° E); (B) lipatan Kali Panjatan ditunjukkan dengan perbedaan kedudukan dan sumbu lipatan (azimuth foto N 086° E).

Gambar 6. *Offset* litologi dan bidang sesar Kali Congang (azimuth foto N 288° E)
Sesar Pasegeran ditemukan di Desa Pasegeran. Sesar ini membentuk kelurusan yang

lembah Kali Wadas. Sesar ini memotong satuan batupasir-tuffan Penyatan dan lava Kumbang dengan arah tenggara -barat laut. Jenis sesar ini yaitu sesar naik kiri (*left reverse slip fault*) berdasarkan klasifikasi Rickard (1972).



Gambar 7. Singkapan sesar menunjukkan *offset* litologi antara perulangan batupasir-tuffan, batulempung, dan batupasir-tuffan masif (azimuth foto N 315° E); (B) *close up* bidang sesar (kanan) *close up* zona sesar (garis kuning=SF, garis biru=GF)

Sesar Pasegeran berarah barat laut utara-tenggara selatan. Sesar ini memotong satuan batulempung Merawu dan batupasir-tuffan Penyatan dengan arah barat laut utara-tenggara selatan. Jenis sesar ini yaitu sesar kanan turun (*normal right slip fault*) berdasarkan klasifikasi Rickard (1972), bukti sesar berupa bidang sesar N357°E / 76° dengan gores garis 57°, N158°E Rake 24°. Sesar Lawen ditemukan di Desa Lawen dengan breksiasi ditemukan di Kali Panjatan, memotong batulempung Merawu dan lava Kumbang dengan arah barat laut-tenggara. Jenis sesar ini yaitu sesar naik (*reverse slip fault*) berdasarkan klasifikasi Rickard (1972). Bukti sesar yang diperoleh di lapangan berupa bidang sesar N300°E / 65° Gores garis 70°, N083°E Rake 81° (Gambar 8).



Gambar 8. Bukti sesar dan analisis sesar Lawen. (kiri) Bidang sesar (garis merah) yang menunjukkan kontak sesar batulempung Merawu dan lava Kumbang (azimuth foto N 088° E); (kanan) *close up* bidang sesar (garis merah)

Analisis Kestabilan Lereng

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan pada 10 sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*) yang diambil pada 5 lereng yang berpotensi mengalami longsor. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan meliputi kadar air (W), bobot isi tanah, dan batas Atterberg (Tabel 3).

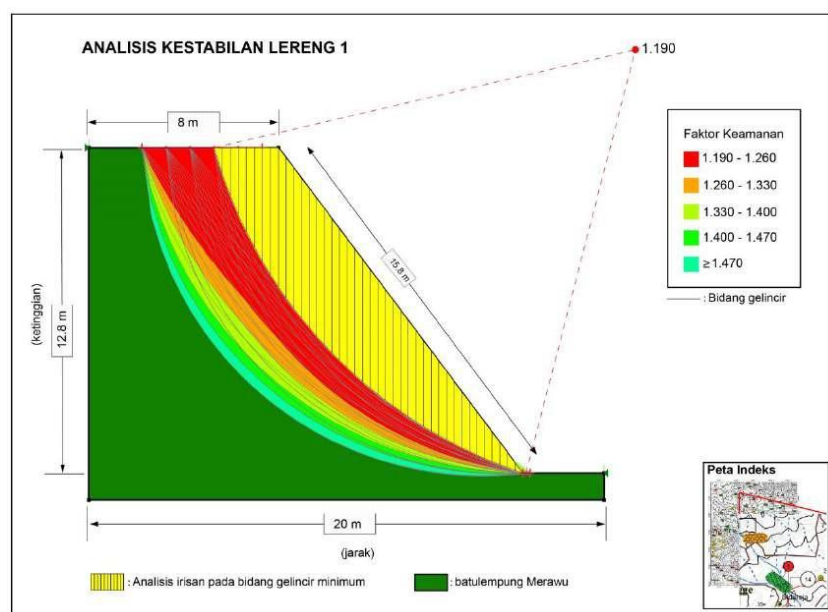
Tabel 3. Resume hasil analisis sifat fisik dan mekanik tanah daerah penelitian

Kode sampel	Sifat fisik						Sifat mekanik			
	γ_n	γ_d	w	LL	PL	IP	Jenis Tanah	c	σ residu	σ peak
	gr/cm ³	gr/cm ³	%	%	%	%		KN/m ³	(°)	(°)
LLG 1 A	1.24	1.07	15.95	33.53	13.50	19.93	CL	73.00	15.70	31.70
LLG 1 B	1.13	0.98	14.59	35.88	14.79	21.09	CL	66.15	16.20	33.50
LLG 2 A	1.41	1.17	20.02	34.81	15.59	19.22	CL	68.33	15.60	31.00
LLG 2 B	1.66	1.33	24.99	36.88	14.89	21.99	CL	69.39	16,20	32.40
LLG 3 A	1.47	1.17	25.47	27.23	14.87	12.36	SC	66.39	17.50	34.60
LLG 3 B	1.31	1.17	12.05	18.1	14.87	3.23	SM	71.50	13.60	30.00
LLG 4 A	1.32	1.19	10.59	18.68	14.72	3.96	SM	70.75	13.90	28.20
LLG 4 B	1.50	1.28	17.19	18.01	14.85	3.16	SM	69.18	17.40	35.90
LLG 5 A	1.34	1.05	27.91	36.97	20.28	16.69	CL	64.82	12.90	27.20
LLG 5 B	1.33	1.08	22.96	36.46	14.81	21.55	CL	63.42	13.40	27.00

Keterangan: γ_n = berat jenis tanah natural; γ_d = berat jenis tanah kering; w=kadar air; LL= *liquid limit* (batas cair); PL= *plastic limit* (batas plastis); IP= *index plasticity* (indeks plastisitas); c=kohesi; σ = sudut geser dalam

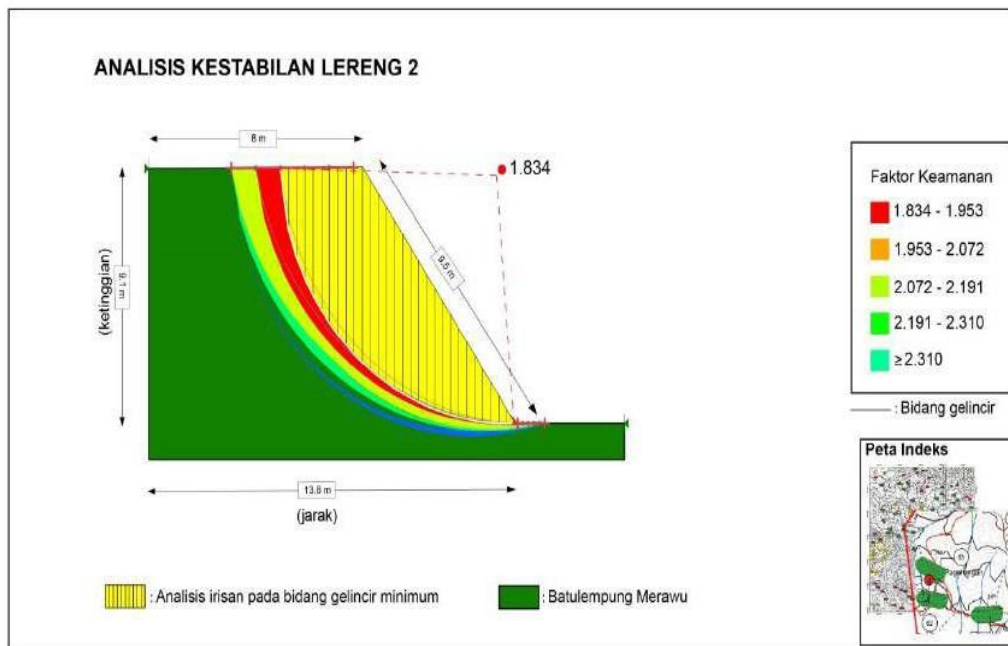
Analisis kestabilan lereng dilakukan terhadap 5 lereng yang berpotensi mengalami longsor. Material penyusun lereng berupa tanah lapukan dari batulempung Formasi Merawu dan batupasir Formasi Penyatan. Pengambilan sampel *undisturbed* dilakukan pada musim penghujan. Dengan demikian, lereng diasumsikan dalam kondisi terisi oleh air. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software Slope/W 2012* untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng.

Gambar 9 menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng yang terletak di Desa Pandanarum; tinggi lereng 12.8 m; sudut lereng 52°; Faktor Keamanan (FK) 1,19, termasuk dalam kategori kritis (Bowles, 1991).



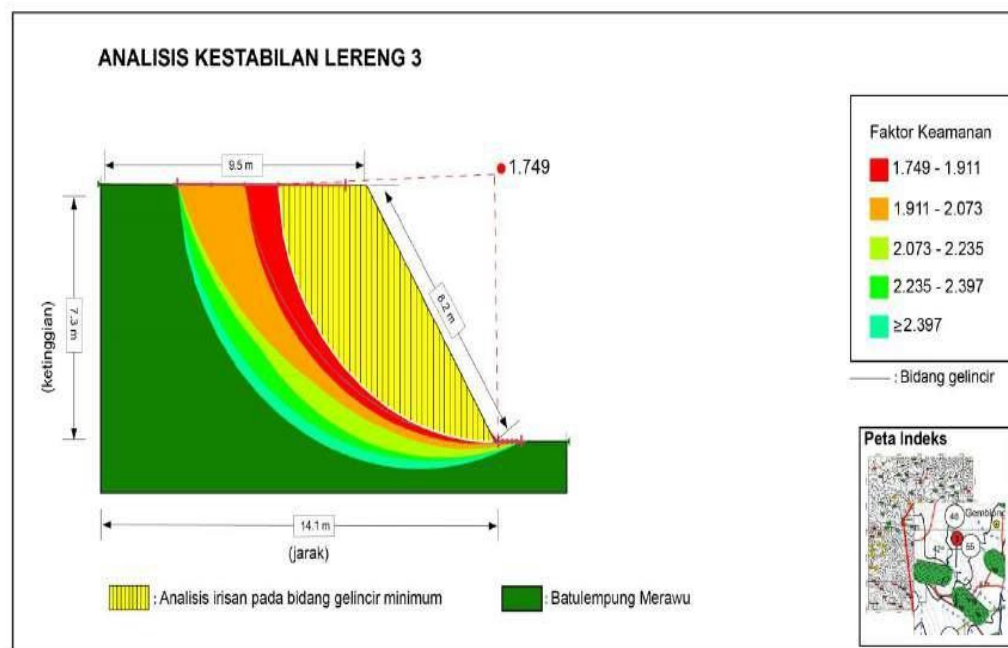
Gambar 9. Hasil analisis kestabilan lereng 1 (Pandanarum). Menunjukkan hasil nilai kelas lereng kritis (Bowles,1991)

Gambar 10 menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng yang terletak di Desa Sirongge; tinggi lereng 8.1 m; sudut lereng sebesar 76° . Faktor Keamanan (FK) sebesar 1.83; termasuk dalam kategori aman (Bowles, 1991).



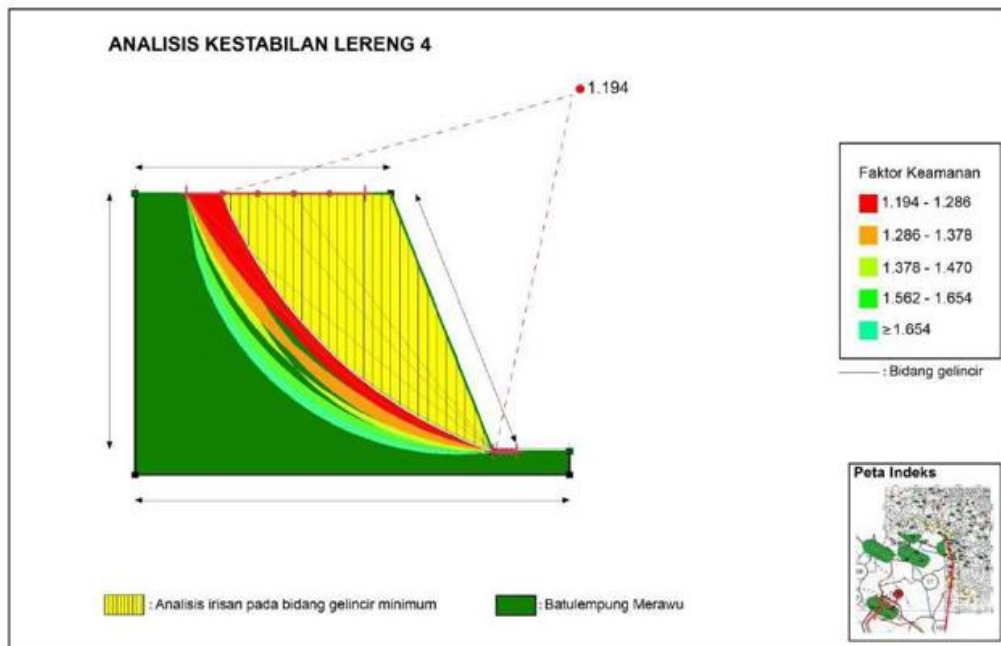
Gambar 10. Hasil analisis kestabilan lereng 2 (Sirongge). Menunjukkan nilai lereng stabil (Bowles, 1991)

Gambar 11 menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng yang terletak di Desa Beji. tinggi lereng 7.3 m sudut lereng sebesar 73° . Faktor Keamanan (FK) sebesar 1.74 termasuk dalam kategori aman (Bowles, 1991).



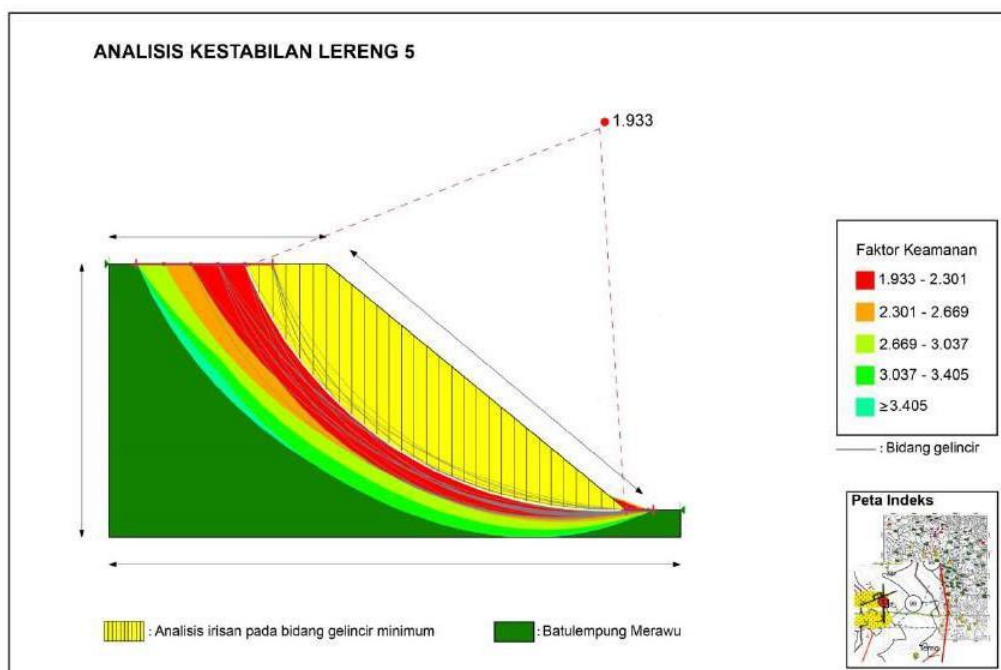
Gambar 11. Hasil analisis kestabilan lereng 3 (desa Beji). Menunjukkan nilai lereng stabil (Bowles, 1991)

Gambar 12 menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng yang terletak di Lawen. Lereng 4 memiliki tinggi lereng 17.1 m sudut lereng sebesar 69° . Faktor Keamanan (FK) sebesar 1.19 Nilai tersebut termasuk dalam kategori kritis (Bowles, 1991).



Gambar 12. Hasil analisis kestabilan lereng 4 (Lawen). Menunjukkan nilai lereng kritis (Bowles, 1991)

Gambar 13 menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng yang terletak di Pandanarum. Lereng 5 tinggi lereng 9.1 m sudut lereng sebesar 40° . Faktor Keamanan (FK) sebesar 1.93 Nilai tersebut termasuk dalam kategori aman (Bowles, 1991).



Gambar 13. Hasil analisis kestabilan lereng 5 (Pandanarum 2). Menunjukkan nilai lereng kritis (Bowles, 1991)

Zonasi Rawan Longsor

Zonasi rawan longsor disusun berdasarkan 5 parameter yaitu jenis batuan, struktur geologi, kelerengan, curah hujan, tata guna lahan, dan curah hujan. Setiap parameter kemudian diberi skor sesuai dengan tingkatan pengaruh terhadap longsor. Hasil skoring kemudian dikalikan dengan bobot berdasarkan persentase pengaruh terhadap longsor sehingga diperoleh nilai total dari pembobotan tiap parameter berdasarkan klasifikasi BNPB (2016). Selanjutnya, terhadap semua parameter dilakukan analisis tumpang susun (*overlay*) menggunakan *software*

ArcGIS untuk memperoleh zonasi rawan longsor. Jenis longsor potensial dan yang pernah terjadi di daerah penelitian pada umumnya adalah *Debris Slide* (Gambar 14).



Gambar 14. Jenis longsor *debris slide* pada daerah penelitian

Setiap jenis batuan memiliki tingkat resistensi yang berbeda beda. Batuan dengan resistensi rendah memiliki potensi terjadi longsor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis batuan dengan resistensi yang tinggi. Data jenis batuan didapatkan dari peta geologi. Dari hasil pemetaan geologi didapatkan 3 jenis litologi dengan tingkat resistensi yang berbeda beda yaitu batuan beku yang berupa lava dan intrusi; batuan sedimen yang berupa batupasir-tuffan, perselingan batupasir-batulempung dan breksi, serta endapan alluvial. Jenis batuan tersebut kemudian diklasifikasikan dan diberi skor sesuai dengan klasifikasi BNPB, (2016).

Keberadaan struktur geologi sesar dan kekar menjadi zona lemah yang dapat mengurangi kekuatan massa batuan. Di samping itu, keberadaan sesar, terutama sesar aktif, menandakan kegiatan tektonik yang masih berlangsung. Kegiatan tektonik tersebut dapat memicu terjadinya getaran-getaran gempa yang dapat mengganggu kestabilan lereng.

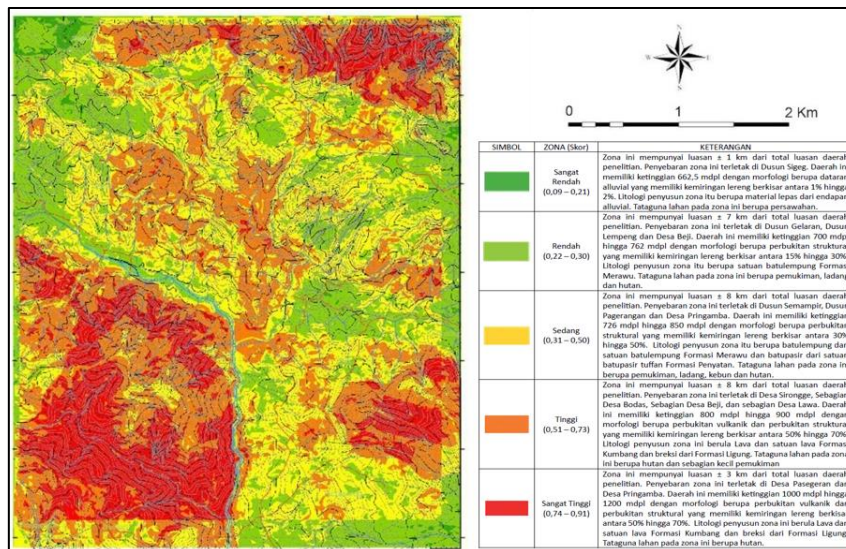
Di daerah penelitian didapatkan beberapa sesar. Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode *Fault Fracture Density (FFD)* dengan radius pengaruh yang digunakan sebesar 100 m untuk setiap luasan 1 km² berdasarkan kelurusan kelurusan yang dianggap sebagai manifestasi dari keberadaan sesar untuk mengetahui densitas struktur yang berkembang. Nilai densitas tersebut kemudian diklasifikasikan dan diberi skor sesuai dengan klasifikasi BNPB (2016).

Kemiringan lereng menjadi salah satu faktor penting dalam perhitungan tingkat kerawanan longsor. Nilai kemiringan lereng daerah penelitian didapatkan dari DEM (*Digital Elevation Model*) yang diklasifikasikan berdasarkan persentase kemiringan lereng menurut Van Zuidam (1987). Besaran tingkat kelerengan tersebut kemudian dikelompokkan dan ditentukan nilai kelas lereng dan diberi skor sesuai dengan klasifikasi BNPB (2016).

Jenis penggunaan lahan berpengaruh terhadap beban yang diterima lereng dan tingkat penyerapan air. Penggunaan lahan yang berupa pemukiman menambah beban lereng sehingga dapat mengurangi kestabilan lereng. Selain itu, jenis vegetasi penutup lahan juga berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Vegetasi dengan jenis akar tunggang memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap air dibandingkan vegetasi berakar serabut sehingga dapat mengurangi tingkat kejenuhan air dalam tanah. Tingkat kejenuhan air dalam tanah yang tinggi lebih berpotensi terjadi longsor daripada tanah yang memiliki tingkat kejenuhan air yang rendah. Jenis tataguna lahan yang dijumpai di daerah penelitian berupa pemukiman, hutan, sawah, ladang, kebun dan irigasi. Jenis tata guna lahan tersebut kemudian dikelompokkan dan diberi skor berdasarkan klasifikasi BNPB (2016). Proporsi longsor diperoleh dari nilai statistik berdasarkan banyaknya kejadian longsor yang terjadi di daerah penelitian dalam radius 1 km. Klasifikasi proporsi longsor menurut SNI No. 8291 (2016).

Longsor sering terjadi pada saat musim penghujan. Banyaknya jumlah air yang mengisi rongga antarbutir tanah membuat lereng mengalami pembebanan berlebih sehingga mengalami penurunan kuat geser tanah. Data curah hujan tersebut kemudian diklasifikasikan dan diberi skor sesuai denganklasifikasi BNPB (2016).

Berdasarkan metode scoring, maka Zonasi kerawanan longsor daerah penelitian dapat disusun, dibagi dibagi menjadi 5 kelas interval zonasi yaitu kelas sangat rendah, kelas rendah, kelas sedang, kelas tinggi, dan kelas sangat tinggi (Gambar 15).



Gambar 15. Peta Zonasi Rawan Longsor daerah Pandanarum

Zonasi kerawanan longsor sangat rendah memiliki ketinggian 662.5 mdpl dengan morfologi berupa dataran aluvial yang memiliki kemiringan lereng berkisar antara 1% hingga 2%. Litologi penyusun zona ini berupa material lepas dari endapan aluvial. Tataguna lahan pada zona ini berupa persawahan. Zonasi kerawanan longsor rendah memiliki ketinggian 700 mdpl hingga 762 mdpl dengan morfologi berupaperbukitan struktural yang memiliki kemiringan lereng berkisar antara 15% hingga 30 %. Litologi penyusun zona ini berupa dari satuan batulempung Formasi Merawu. Tataguna lahan pada zona ini berupa pemukiman, ladang dan hutan. Zonasi kerawanan longsor sedang memiliki ketinggian 762 mdpl hingga 850 mdpl dengan morfologi berupa perbukitan struktural yang memiliki kemiringan lereng berkisar antara 30% hingga 50%. Litologi penyusun zona ini berupa batulempung dari satuan batulempung Formasi Merawu dan batupasir dari satuan batupasir-tuffan Formasi Penyatan. Tataguna lahan pada zona ini berupa pemukiman, ladang, kebun, dan hutan. Zonasi kerawanan longsor tinggi memiliki ketinggian 800 mdpl hingga 900 mdpl dengan morfologi berupa perbukitan vulkanik dan perbukitan structural yang memiliki kemiringan lereng berkisar antara 50% hingga 70%. Litologi penyusun zona ini berupa Lava dari satuan lava Formasi Kumbang dan breksi dari Formasi Ligung. Tataguna lahan pada zona ini berupa hutan, dan sebagian kecil pemukiman. Zonasi kerawanan longsor sangat tinggi memiliki ketinggian 1000 mdpl hingga 1200 mdpl dengan morfologi berupa perbukitan vulkanik dan perbukitan structural yang memiliki kemiringan lereng berkisar antara 50% hingga 70%. Litologi penyusun zona ini berupa Lava dari satuan lava Formasi Kumbang dan breksi dari Formasi Ligung. Tataguna lahan pada zona ini berupa hutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 6 satuan dari dari tua ke muda yaitu, satuan batulempung Merawu, satuan batupasir-tufan Penyatan, satuan lava Kumbang, satuan intrusi andesit, satuan breksi Ligung, dan satuan Endapan Aluvial.

2. Struktur geologi daerah penelitian meliputi kekar, kedudukan lapisan batuan, lipatan dan sesar. Sesar daerah penelitian terdiri dari Sesar Beji, Sesar Pringamba, Sesar Pasegeran, dan Sesar Lawen.
3. Analisis lereng pada longsor daerah penelitian didapatkan nilai 1.19 (kritis) untuk lereng 1, nilai 1,83 (stabil) untuk lereng 2, nilai 1,74 (stabil) untuk lereng 3, nilai 1,194 (kritis) untuk lereng 4, dan nilai 1,93 (stabil) untuk lereng 5.
4. Zona Kerawanan Longsor sangat rendah terdapat pada Dusun Sigeg dengan luasan ± 1 km. Zona Kerawanan Longsor Rendah terdapat pada Dusun Gelaran, Dusun Lempeng dan Desa Beji dengan luasan ± 7 km. Dusun Semampir, Desa Pagerengan, dan Desa Pringamba. Zona Kerawanan Longsor sedang terdapat pada Dusun Semampir, Dusun Pagerengan, dan Desa Pringamba dengan luasan ± 8 km. Zona Kerawanan Longsor tinggi terdapat pada Desa Sirongge, sebagian Desa Bodas, sebagian Desa Beji, dan sebagian Desa Lawen dengan luasan ± 8 km. Zona Kerawanan Longsor sangat tinggi terdapat pada Desa Pasegeran dan Desa Pringamba dengan luasan ± 4 km.

PERNYATAAN PENULIS

Bersama dengan ini dinyatakan bahwa penelitian berikut adalah hasil karya orisinal dimana memenuhi etika penelitian, tanpa manipulasi data dan plagiarisme, serta telah disepakati dan disetujui oleh seluruh penulis.

KONTRIBUSI PENULIS

Kontribusi penulis pertama dan kedua mencakup peran dalam keseluruhan kegiatan penelitian, meliputi perancangan dan penyusunan studi, pengambilan dan analisis data, penulisan artikel, serta revisi dan penyuntingan, untuk memastikan validitas hasil penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terima kasih kepada UPN Veteran Yogyakarta yang telah memberikan dukungan dana dan fasilitas laboratorium yang memadai, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachri, S. (2017). *Pengaruh Kegiatan Tektonik dan vulkanisme terhadap Sedimentasi Endapan Paleogen-Neogen, di Cekungan Serayu, Jawa Tengah*. Bandung: LIPI Press.
- Bachri, S., Agustiyanto, D.A., Sihombing, & T., Hutubessy, S., (2007). *Evolusi Cekungan Paleogen – Neogen Daerah Banjarnegara – Purbalingga dan Sekitarnya, Jawa Tengah*. Bandung: Pusat Survei Geologi.
- Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal). (1996). *Peta Rupa Bumi (RBI) lembar Banjarnegara 1408-412 Edisi I-2.000*. Bakosurtanal.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2016). *RBI Risiko Bencana Indonesia*. BNPB.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Banjarnegara. (2017). *Rekapitulasi Kejadian Bencana Tahun 2017*. Banjarnegara : BPBD Banjarnegara. tidak terbit
- _____. (2018). *Rekapitulasi Kejadian Bencana Tahun 2018*. Banjarnegara: BPBD Banjarnegara, tidak terbit.
- Bowles, J. E.. (1986). *Physical and Geotechnical Properties of Soil (Soil Mechanics)*. United States of America: McGraw-Hill, Inc Alih bahasa Hainim, J.K. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah : (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga,
- Condon, W. H., Pardiyanto, L., Ketner, K. B., Amin, T. C., Gafoer, S., & Samodra, H. (1996). *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan. Jawa, skala, 1 :100.000*. Bandung: Direktorat Geologi.
- Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang (Pusdataru) Provinsi Jawa Tengah. (2002). *Peta Wilayah Administrasi Jateng*. Dikutip pada 6 September 2020. <https://pusdataru.jatengprov.go.id/data/OPENDATA=/index.html>
- Fleuty, M.J. (1964) The description of folds. *Proceedings of the Geologists' Association*, 75: 461-492.

- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I, Edisi ke-3*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Husein, S., Jyalita, J., & Nursecha, M. A. Q (2013). Kendali Stratigrafi Dan Struktur Gravitasi Pada Rembesan Hidrokarbon Sijenggung. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-6 Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, 11-12 Desember 2013*. Departmen Teknik Geologi.
- Krahn, J. (2003). The 2001 RM Hardy Lecture: The limits of limit equilibrium analyses. *Canadian geotechnical journal*, 40(3), 643-660.
- Kusumayudha, S. B., & Ciptahening, A. N. (2016). Correlation between Tectonic Environment and Characteristics of Mass Movement (Landslides): A Case Study from Java, Indonesia. *Journal of Geological resource and Engineering*, 4(2), 51- 62.
- Rickard, M. J. (1972). Fault classification: discussion. *Geological Society of America Bulletin*, 83(8), 2545-2546.
- Satyana, A. H. (2007). *Central Java, Indonesia—A “Terra Incognita” in petroleum exploration: New considerations on the tectonic evolution and petroleum implications*.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 1964-2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Van Bemmelen, R. W. (1949). The geology of Indonesia, vol. IA, *General Geology*. Martinus Nijhoff, The Hague. Netherlands, 732.
- Van Zuidam, R. A. (1985). Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. Netherlands.
- Wijaya, I. P., Zangerl, C., Straka, W., Ottner, F., & Arifianti, Y. (2016). Geology, geomorphology and failure mechanism of volcanic landslide: A case study from large landslide in Banjarnegara, Indonesia. In *The 3rd International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation*.