



**Zonasi Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Analisis
GIS: Studi Kasus Daerah Semono dan Sekitarnya, Kecamatan Bagelen,
Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah**

Tara Shinta Dewi^{1a}, Sari Bahagiarti Kusumayudha^{1b}, Heru Sigit Purwanto^{1c}

^{1a,b,c}Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

^aemail: m.tara.lauw@gmail.com

^bemail: saribk@gmail.com

^cemail: sigitgeologi@hotmail.com

Received 14 Januari 2017; Accepted 26 February 2017

Available online 30 April 2017

ABSTRAK

Kecamatan Bagelen dan Kecamatan Kaligesing, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah termasuk wilayah yang berpotensi longsor cukup tinggi. Hal ini terbukti dari banyaknya kejadian gerakan tanah, dan telah menimbulkan baik kerusakan fisik maupun korban jiwa. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan dan menganalisis potensi gerakan tanah dengan metode kualitatif dan kuantitatif. Pengamatan langsung di lapangan dilakukan dengan memperhitungkan faktor internal (litologi dan struktur geologi) serta faktor eksternal (kemiringan lereng, curah hujan, dan tataguna lahan). Metode kuantitatif menggunakan analisis berbasis *Geographic Information System (GIS)* dengan parameter yang diberi bobot, meliputi litologi, struktur geologi, kemiringan lereng, curah hujan dan tata guna lahan. Daerah penelitian memiliki topografi bergelombang berlereng curam yang didominasi oleh batuan penyusun berupa lava dan breksi piroklastik yang telah mengalami pelapukan cukup lanjut serta memiliki rata-rata curah hujan 2164mm/tahun. Penelitian ini menghasilkan peta zonasi rawan longsor yang terbagi menjadi tiga zona yaitu zona rendah di desa Kemanukan, Piji, Clapar Kecamatan Bagelen; zona sedang di desa Somongari, Semagung, Hargorojo, Kecamatan Bagelen dan zona tinggi di desa Semono dan Durensari Kecamatan Bagelen, Desa Jatirejo Kecamatan Kaligesing serta Desa Hargotirto Kecamatan Kokap. Tipe gerakan tanah yang ada adalah aliran dan rayapan. Hasil penelitian dibaharkan dapat dimanfaatkan sebagai informasi dasar untuk melakukan mitigasi bencana, dan pembangunan wilayah.

Kata kunci: Gerakan massa, Tipe longsor, Zona rawan longsor, Kecamatan Bagelen

ABSTRACT

Kaligesing and Bagelen districts, Purworejo region, Central Java, belong to areas that are quite high potential of landslides. It is marked by the occurrence of many ground motions, and have caused either physical damage and/or casualties. This study was conducted to map and analyze the potential of ground movement by qualitative and quantitative methods. Direct observation in the field was done by taking into account on internal factors (lithology and geologic structure) and external factors (slope, rainfall, and land-use). Quantitative method was done by analysis based on Geographic Information System (GIS) on the parameters that have been weighted, including lithology, geologic structure, slope, rainfall and land use. The research area expresses undulating to steep slopes dominly composed of lava and pyroclastic breccias that have been highly weathered, and has an average rainfall of 2164mm/year. This research brings about a map of prone to landslides, that is divided into three zones including the lower zone involving Kemanukan, Piji, Clapar villages of Bagelen District; temperate zone involving Somongari, Semagung, Hargorojo, villages of Bagelen District, and high zone involving Durensari village of Bagelen district, Jatirejo village of Kaligesing and Hargotirto of Kokap district. Types of ground movement that exist in the research area are flow and creep. The results of the study can be used as baseline information for disaster mitigation, and regional development.

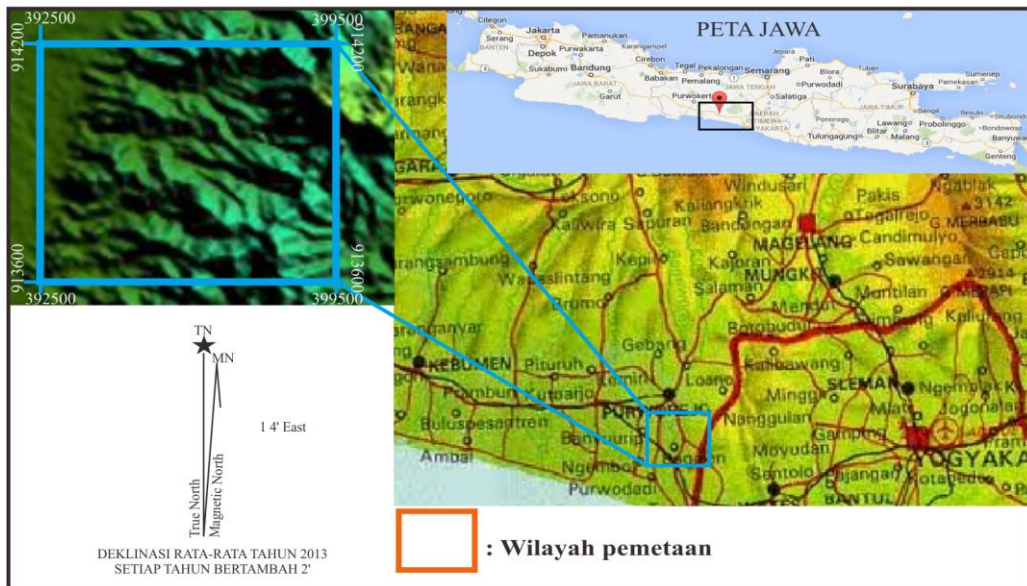
Keywords: Mass movement, Landslide type, Landslide prone zones, Bagelen districts

I. PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, tidak terkecuali di Kabupaten Purworejo. Daerah Purworejo khususnya di Kecamatan Begelen dan Kecamatan Kaligesing dimana penelitian ini dilakukan (Gambar 1), merupakan daerah rawan longsor yang sering kali

terjadi di lereng-lereng terjal dan menyebabkan kerugian materi hingga kematian manusia. Bencana seperti ini perlu perhatian khusus dengan menganalisis dan membagi daerah rawan bencana longsor dengan parameter-parameter geologi tertentu.

Peta Indeks



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

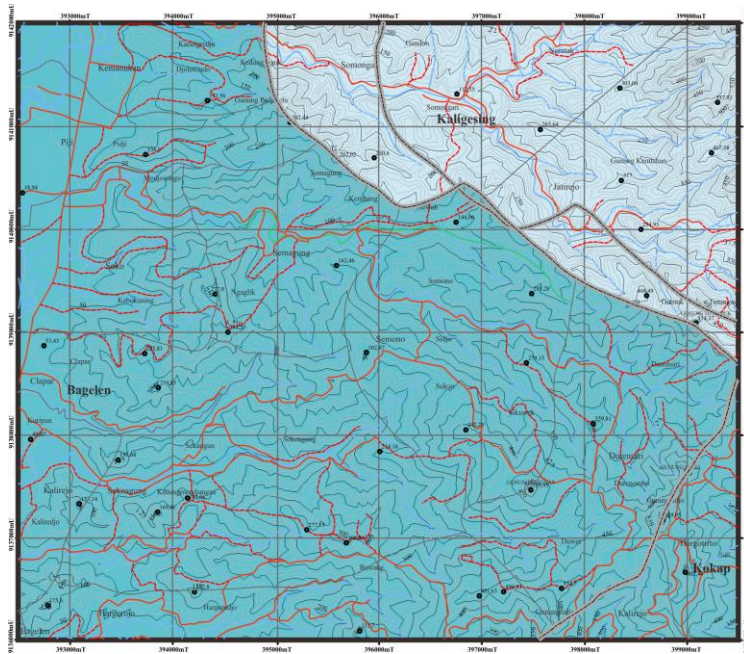
Penelitian ini secara khusus mengkaji dan menganalisis potensi gerakan tanah serta faktor-faktor yang mempengaruhinya, untuk kemudian dapat memberikan informasi kepada masyarakat daerah penelitian tentang zona-zona yang rentan terjadi gerakan tanah. Nilai penting dari penelitian ini adalah dapat memberikan hasil akhir berupa analisis kuantitatif yang merupakan data dari kombinasi nilai – nilai parameter dengan pembobotan secara khusus dari setiap parameter.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Geografis

Daerah Semono dan sekitarnya, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo secara fisiografis berada di Pegunungan Menoreh. Daerah tersebut memiliki iklim Tropika basah dengan curah hujan berkisar antara 2000 – 3000 mm/tahun (Gambar 2). Peta distribusi curah hujan di Kecamatan Bagelen tersaji di dalam Gambar 2.

Jumlah penduduk Kecamatan Bagelen berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Purworejo, mencapai 29.329, dengan mata pencaharian sebagian besar sebagai petani. Bentuk bentang alam yang secara umum merupakan topografi bergelombang ini pada umumnya dibudidayakan sebagai tegalan dan perkebunan, dan hanya sebagian kecil saja yang dimanfaatkan untuk persawahan dan permukiman (Gambar 3).



PETA CURAH HUJAN
 DAERAH SEMONO, KEC. BAGELEN DAN SEKITARNYA,
 KABUPATEN PURWOREJO
 PROVINSI JAWA TENGAH



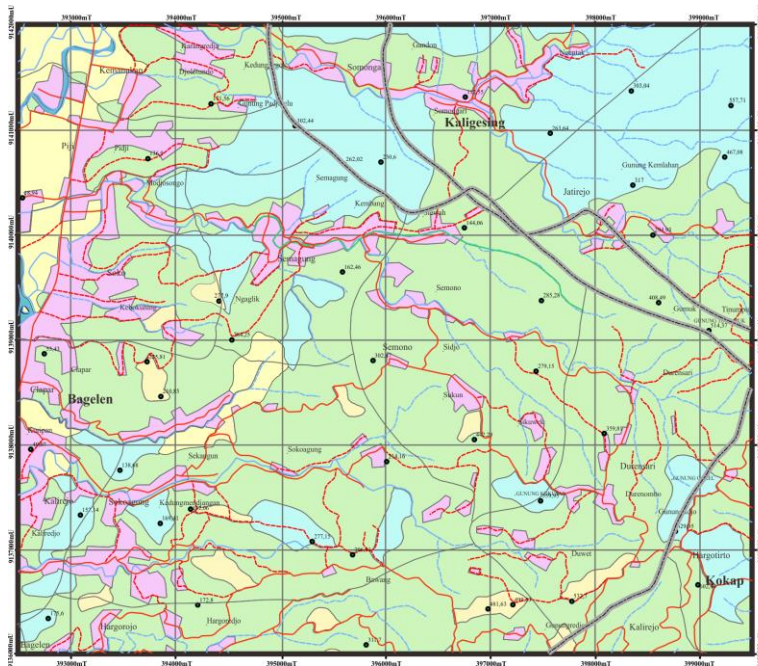
LEGENDA:

Kelas Parameter : Curah Hujan		
Prosentasi dalam pembobotan : 20%		
Warna	Rata-rata Curah Hujan Tahunan	Skor dalam Penentuan Zonasi Rawan Tanah Longsor
	<2000 mm/thn	2
	2000-3000 mm/thn	3

klasifikasi BNPB 2013

Sumber: Dinas Pengairan Kab. Purworejo; Pengolah data : Subbagian Perencanaan Evaluasi dan Pelaporan Dipertanhut Kab. Purworejo

Gambar 2. Peta curah hujan daerah penelitian



PETA TATA GUNA LAHAN
 DAERAH SEMONO, KEC. BAGELEN DAN SEKITARNYA,
 KABUPATEN PURWOREJO
 PROVINSI JAWA TENGAH



LEGENDA:

Kelas Parameter : Tata Guna Lahan		
Prosentasi dalam pembobotan : 10%		
Warna	Keterangan	Skor dalam Penentuan Zonasi Rawan Tanah Longsor
	Sungai	1
	Pemukiman	2
	Kebun	3
	Semak	4
	Sawah	5

klasifikasi BBSDLP 2009

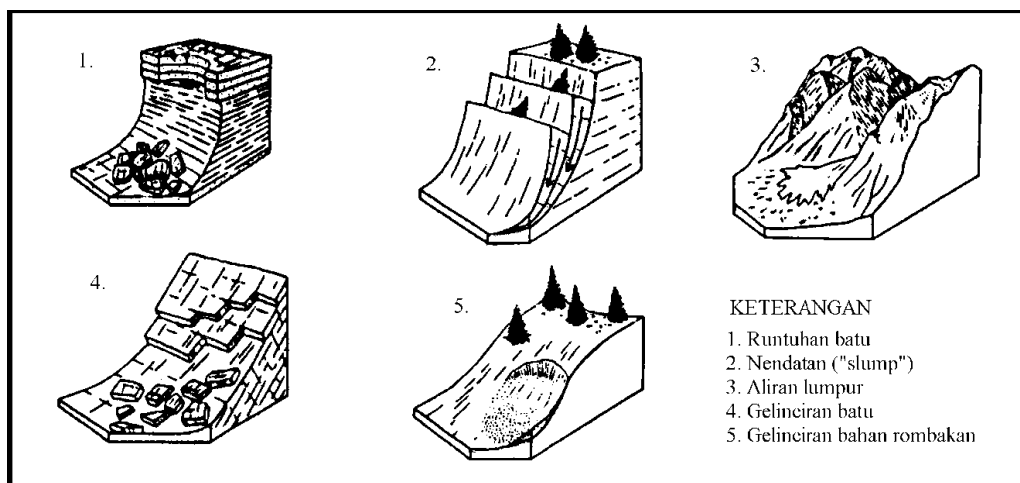
Gambar 3. Peta tataguna lahan daerah penelitian

2.2. Gerakan Massa Batuan

Gerakan massa batuan terjadi apabila distribusi gaya yang bekerja pada suatu lereng terganggu. Pada dasarnya gaya yang bekerja pada suatu lereng dapat dibedakan antara gaya yang menyebabkan gerakan dan gaya yang bersifat menahan. Apabila gaya yang bersifat mendorong lebih besar dari pada gaya yang bersifat menahan, maka gerakan massa tanah/batuan akan terjadi (Hoek & Bray, 1981).

Gerakan massa dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe, didasarkan atas kecepatan gerakan, ada dan tidak adanya bidang gelincir, bentuk bidang gelincir, serta jenis massa yang bergerak (Price, 2009). Sebagai contoh, apabila gerakannya cepat, terdapat bidang gelincir, dan massa yang bergerak merupakan batuan, maka disebut sebagai *rock slide*, apabila yang bergerak masa tanah disebut sebagai *soil slide*. Sedangkan apabila gerakannya lambat biasanya berupa aliran, dapat berupa aliran baham rombakan batuan (*debris flow*), atau aliran taah basah dan aliran lumpur.

Ada satu jenis lagi gerakan tanah yang sifatnya sangat lambat yang jarang disadari oleh masyarakat yaitu gerak rayapan (*creeping*). Apabila yang bergerak adalah batuan maka disebut sebagai rayapan batuan (*rock creep*), sementara itu apabila yang bergerak adalah tanah atau bahan rombakan batuan, disebut rayapan tanah (*soil creep*). Pada ujung gerakan tanah yang 1 jenis rayapan ini, jika ujung dari wilayah yang mengalami rayapan berupa lereng yang curam, 2 maka gerakan rayapan ini tiba – tiba bisa berubah menjadi gerakan yang sifatnya cepat yaitu 3 bisa jatuhnya (*fall*) bisa gelinciran (*sliding*). Secara garis besar, tipe-tipe gerakan massa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Jenis-jenis gerakan massa (Hoek & Bray, 1981)

III. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan prosedur analisis software *Geographic Information System (GIS)* berupa tumpang tindih faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sebaran gerakan tanah. Hasil yang diperoleh berupa zonasi daerah yang rentan oleh gerakan tanah pada daerah Semono dan sekitarnya, sehingga diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah dan masyarakat dalam menanggulangi dan mengantisipasi adanya bahaya dari gerakan tanah tersebut.

Dalam pelaksanaan penelitian, dilakukan beberapa tahapan, yaitu tahap akuisisi, analisis laboratorium, sistesis, dan analisis GIS. Tahap akuisisi merupakan tahapan perolehan data awal atau bahan-bahan yang dipakai sebagai dukungan penelitian. Penelitian ini menggunakan data sekunder (Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa skala 1 : 100.000 (Rahardjo, dkk, 1995), Peta Topografi Daerah Jawa Tengah, Peta Tataguna Lahan Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah, data curah hujan, Peta Tata Guna Lahan) dan data primer yang didapatkan langsung di lapangan.

Tahap analisis dilakukan dengan membagi satuan bentuklahan, satuan batuan, analisis struktur, dan petrografi. Adapun tahap sintesis dilakukan dengan menggabungkan data-data yang ada, baik data primer maupun data sekunder. Pembuatan peta zonasi rawan bencana longsor menggunakan software Arc GIS 10.2.2.

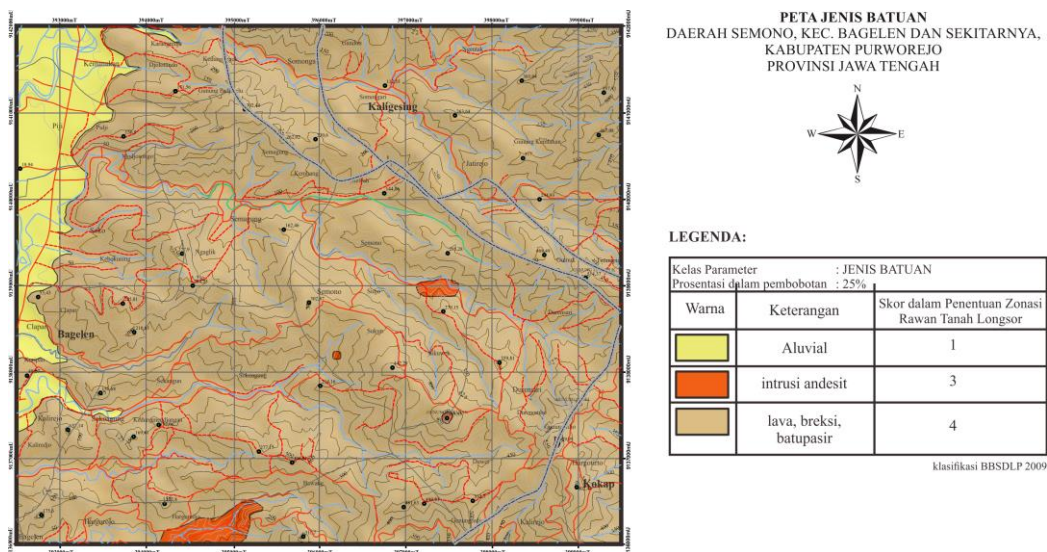
Software ini digunakan untuk menghitung persentase kemiringan lereng, dan mengevaluasi parameter-parameter yang berpengaruh terhadap gerakan tanah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Lampiran Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No.1452 K/10/MEM/2000 tentang Pedoman Teknis Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah. Pembagian zonasi rawan longsor

menggunakan pemetaan gabungan yaitu metode pemetaan tidak langsung dan metode pemetaan langsung. Penentuan nilai akhir pemetaan tidak langsung, yaitu dengan prosedur tumpang tindih untuk menentukan pengaruh faktor-faktor yang terdapat pada peta-peta parameter terhadap distribusi gerakan tanah, kemudian dianalisis menggunakan *GIS* untuk menentukan zonasi kerentanan gerakan tanah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Geologi

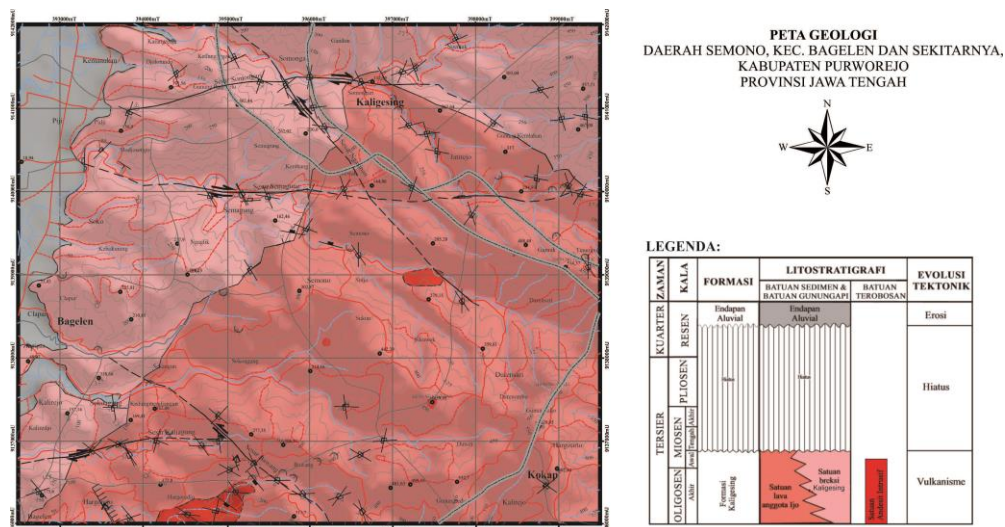
Kecamatan Bagelen dan sekitarnya secara geomorfologi merupakan daerah yang bergelombang dan perbukitan dengan kemiringan lereng bervariasi antara 1% hingga 45% (Gambar 5). Berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1979), dapat dibagi menjadi 4 satuan bentuklahan yaitu Lembah Struktural, Perbukitan Vulkanik Terdenudasi, Bukit Sisa, dan Dataran Aluvial.



Gambar 5. Peta kelereng daerah penelitian

Secara stratigrafis, daerah penelitian disusun oleh Formasi Kaligesing (Suroso dkk., 1987 dalam Rodhi 1988), dapat dibagi menjadi empat satuan batuan dengan urutan dari tua ke muda yaitu: Satuan Intrusi Andesit, Satuan Lava Gunung Ijo, Satuan Breksi Kulonprogo, dan Satuan Endapan Aluvial Sungai. Satuan intrusi andesit merupakan pemberi *supply* material (*feeder*) dari suatu gunungapi purba, terdiri dari beberapa intrusi yang tersingkap secara terpisah pada beberapa lokasi. Berdasarkan metode K-Ar (Soeria-Atmaja, dkk., 1994 dalam Harjanto 2008) diketahui bahwa umurnya adalah $29,63 \pm 2,26$ juta tahun (Gunung Kukusan), dan $22,64 \pm 1,13$ 1 juta tahun (Gunung Ijo) atau sekitar Oligosen Akhir-Miosen Awal bagian bawah. Satuan lava Gunung Ijo tersusun atas batuan beku ekstrusi, masif, melembar (*sheeting joint*), autobreksia, dan vesikuler. Satuan ini diendapkan pada lingkungan darat pada fasies sentral gunungapi. Satuan ini diperkirakan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal. Satuan breksi Kaligesing tersusun atas breksi piroklastik, lava, dan batupasir krikilan dengan sisipan batupasir. Fragmen breksi berkomposisi andesit dengan matriks berupa pasir dan debu vulkanik dan semen silica, fragmen berukuran kerikil–bongkah ($2 > 256$ mm); menyudut; terpilah buruk; kemas terbuka. Ditemukan adanya kontak menjari antara Satuan lava Gunung Ijo dan Satuan breksi Kaligeing, sehingga dapat disimpulkan bahwa Satuan breksi Kaligesing berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal. Endapan aluvial terdiri dari material berukuran lempung hingga kerikil ($< 0,004 - 4$ mm); berupa kuarsa, pecahan batuan, dan mineral lempung, terpilah sedang 1 dan bersifat lepas.

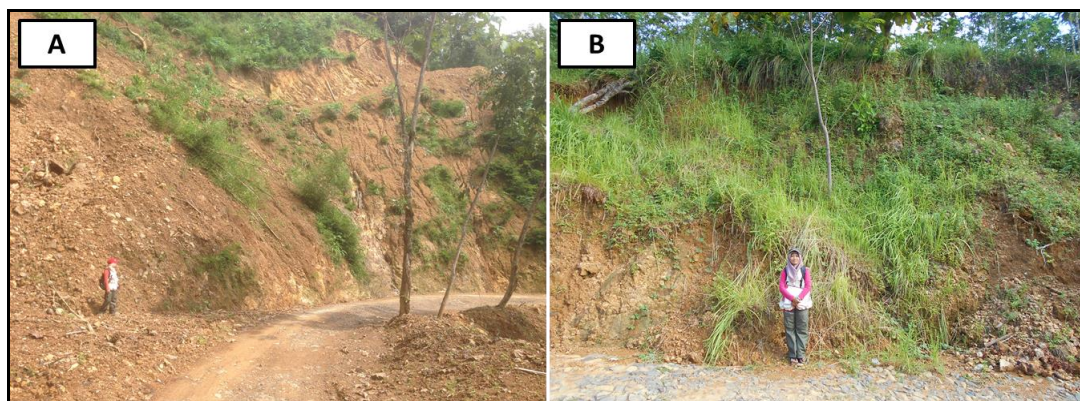
Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa kekar dan sesar. Kekar berupa *gash fracture*, *shear fracture* banyak ditemukan di sepanjang kelurusan sesar, selain itu beberapa kekar terisi mineral. Berdasarkan pengamatan dan hasil analisis di daerah penelitian terdapat dua arah utama sesar, yaitu Barat-Timur dan Baratlaut-Tenggara. Sesar-sesar tersebut memotong Satuan lava Gunung Ijo dan Satuan breksi Kaligesing, sehingga dapat disimpulkan umur sesar adalah setelah Miosen Awal. Sesar Somongari berada di bagian utara daerah penelitian, lava pada Satuan breksi Kulonprogo, berdasarkan klasifikasi Rickard (1972) termasuk *Right Slip Fault*. Sesar Semagung berada di Desa Semagung termasuk *Normal Right Slip Fault* (Rickard, 1972). Sesar Ngasinan berada pada tubuh Kali Ngasinan, memotong lava dan Satuan breksi Kaligesing, termasuk *Reverse Left Slip Fault*. Sesar Bawang berada di Dusun Bawang, Desa Sokoagung, memotong lava pada Satuan breksi Kaligesing, termasuk *Reverse Left Slip Fault*. Sesar Normal Hargorojo berada di Dusun Hargorojo, Desa Hargorojo, Bagelen, dapat diklasifikasikan sebagai *Left Normal Slip Fault*. Peta geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta geologi daerah penelitian

4.2. Gerakan Massa dan Zonasi Rawan Longsor

Gerakan massa yang dijumpai di daerah penelitian, pada umumnya berupa aliran tanah dan batu (Gambar 3 dan Gambar 4). Hasil inventarisasi dan analisis yang dilakukan di lapangan terhadap kejadian-kejadian gerakan massa batuan yang dijumpai di daerah penelitian, dapat dirinci sebagaimana tertuang di dalam Tabel 1.



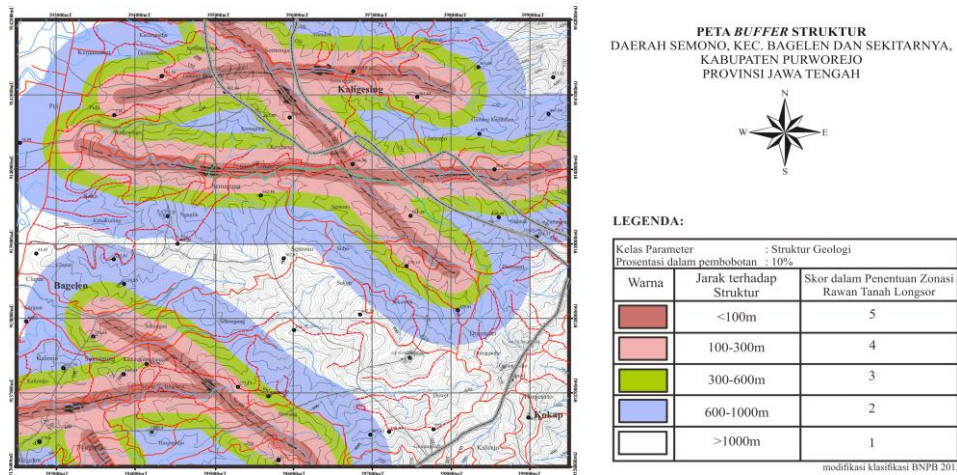
Gambar 7. (A) Gerakan massa tipe aliran tanah dan batu di titik pengamatan 1 di Desa Kalirejo, Kokap. 8 (B) Gerakan massa tipe aliran tanah dan batu di titik pengamatan 2, Desa Bawang, Bagelen

Tabel 1. Inventarisasi kejadian longsor di daerah penelitian

LP	Lokasi	Litologi	Sifat Fisik	Lereng	Vegetasi	Tataguna Lahan	Tipe Longsor
1	Desa Kalirejo, Kokap	Lava	tingkat pelapukan sedang, kekerasan sedang, kompak	65 ⁰	bambu, rerumputan dan petai cina	perkebunan	Aliran tanah dan batu
2	Desa Bawang, Bagelen	Lava	tingkat pelapukan kuat, kekerasan sedang, kompak	65 ⁰	Rerumputan, ketela, mahoni, petai cina	perkebunan dan pemukiman	Aliran tanah dan batu
3	Dusun Sidjo, Desa Semono, Bagelen	Lava	tingkat pelapukan sedang, kekerasan sedang, kompak.	60 ⁰	bambu, manggis, mahoni, rerumputan	perkebunan	Aliran tanah, rayapan
4	Dusun Ngaglik, Desa Semono, Bagelen	Lava	tingkat pelapukan tinggi, kekerasan lunak, agak lepas	50 ⁰	Ketela, pisang, petai cina, rerumputan	perkebunan	Aliran tanah dan rayapan
5	Dusun Somongari, Desa Somongari, Kaligesing	Lava	tingkat pelapukan tinggi, kekerasan lunak, agak lepas	50 ⁰	pohon ketela, pohon pisang, petai cina dan rerumputan	perkebunan dan pemukiman	Aliran tanah
6	Dusun Sekangun, Desa Sokoagung, Bagelen	Breksi	tingkat pelapukan tinggi, kekerasan agak lunak, agak lepas	25 ⁰	pohon ketela, pohon berakar serabut dan rerumputan	perkebunan dan pemukiman	Aliran tanah dan batu

Untuk menentukan zonasi rawan longsor, dilakukan penilaian terhadap parameter-parameter yang digunakan sebagai indikator peran terhadap kejadian longsor, yaitu kemiringan lereng, jenis batuan penyusun (litologi), struktur geologi, tataguna lahan, dan curah hujan.

Pembobotan dilakukan dengan memberi nilai pada setiap faktor-faktor tersebut dengan skala 5 1–5, selanjutnya dilakukan metode kuantitatif dengan menggunakan bantuan program GIS, dan perhitungan dengan formula sebagai berikut: **Bobot** = (35% * kemiringan lereng) + (25% * Jenis batuan penyusun) + (10% * Tata guna lahan) + (10% * Jarak terhadap sesar) + (20% * Curah Hujan Tahunan). Untuk menilai pengaruh struktur geologi terhadap gerakan massa, dibuat peta bufer struktur geologi 10 yang menggambarkan jarak lokasi yang dinilai terhadap struktur sesar (Gambar 8).



Gambar 8. Peta *buffer* struktur daerah penelitian

Tabel 2. Penilaian Parameter Modifikasi BNPB 2013 dan BBSDLP 2009

No.	Parameter	skor					Bobot (%)
		1 (rendah)	2 (sedang)	3 (agak tinggi)	4 (tinggi)	5 (sangat tinggi)	
1	Kemiringan Lereng	<8%	8-15%	15-25%	25-45%		35
2	Jenis Batuan	Aluvial		Andesit	Lava dan Breksi		25
3	Tata Guna Lahan	Perairan	Pemukiman	Hutan dan Perkebunan	Semak belukar	Sawah, tegalan	10
4	Jarak terhadap Sesar	800-1000m	500-800m	300-500m	100-300m	<100m	10
5	Curah Hujan Tahunan		<2000 mm/thn	2000-3000 mm/thn			20
TOTAL							100

Setelah dilakukan penilaian, dilakukan pembagian zonasi pada daerah penelitian menjadi 3 (tiga) zonasi kerawanan longsor, terdiri dari Zona Rendah, Zona Sedang, dan Zona Tinggi, dengan diskripsi sebagai berikut:

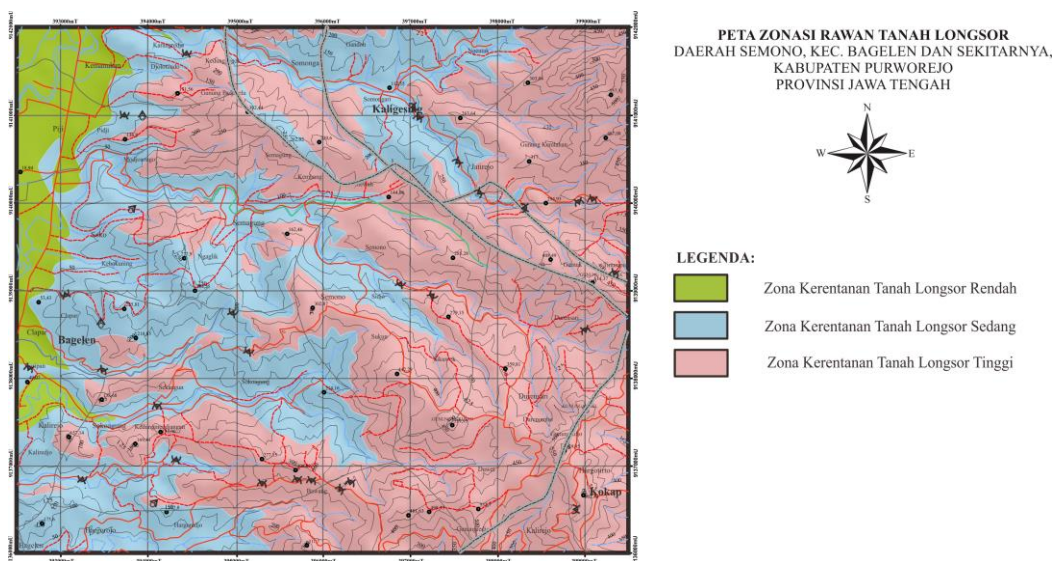
Tabel 3. Hasil Analisis Pembobotan untuk Penentuan Zonasi Rawan Gerakan Massa

Zonasi	Skor	Luas Daerah	Kemiringan Lereng	Tataguna Lahan	Material penyusun	Keterangan
Rendah	1,30-2,21	3,705 m ²	kemiringan landai dengan morfologi relatif datar	sawah, sedikit pemukiman dan kebun	aluvial	Tidak ditemukan longsor sehingga pembangunan sarana publik dan pemukiman disarankan dilakukan.

Tabel 3. Hasil Analisis Pembobotan untuk Penentuan Zonasi Rawan Gerakan Massa (Lanjutan)

Sedang	2,22-3,12	16,330 m ²	Kemiringan lereng miring-agak curam dengan morfologi lembah dan perbukitan	perkebunan dan semak dan masih ditemukan pemukiman	breksi, intrusi dan sedikit lava	didapatkan beberapa longsor tipe rayapan dan aliran tanah skala kecil, penggunaan lahan disarankan untuk ladang dan perkebunan dengan sistem terasering. dapat juga untuk perumahan dan fasilitas publik .
Tinggi	3,13-4,05	21,965 m ²	Kemiringan lereng agak curam-curam	kebun dan ladang, serta sedikit pemukiman dan semak	lava yang mempunyai tingkat pelapukan yang cukup tinggi.	dekat zona sesar, terdapat beberapa titik longsor tipe aliran dan rayapan dengan skala yang cukup besar. Daerah ini tidak disarankan pembangunan.

Hasil metode tumpang susun peta yang memuat semua parameter yang digunakan dalam analisis, maka tersusun peta zonasi rawan longsor daerah penelitian (Gambar 9).



Gambar 9. Peta zonasi rawan longsor daerah penelitian

4. KESIMPULAN

1. Geomorfologi daerah penelitian merupakan perbukitan yang secara spesifik dapat dibagi menjadi tiga satuan bentukasal, yaitu vulkanik, struktural dan fluvial, serta lima satuan bentuklahan, yaitu Perbukitan Vulkanik Terdenudasi, Lembah Sesar, Tubuh Sungai dan Dataran Aluvial.
2. Stratigrafi daerah penelitian disusun oleh empat satuan litostratigrafi tidak resmi, yaitu Satuan andesit intrusif, Satuan lava anggota Ijo, Satuan breksi Kaligesing, dan Satuan endapan aluvial
3. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian yaitu kekar, sesar mendatar kanan berarah Barat-Timur (Sesar Somongari, Sesar Semagung dan Sesar Kaliagung), sesar mendatar kiri berarah Baratlaut-Tenggara (Sesar Ngasinan dan Sesar Bawang) dan Sesar Normal Bawang. Tegasan utama relatif Baratlaut-Tenggara.
4. Tipe longsor yang dijumpai di daerah penelitian adalah tipe aliran tanah (*earth flor*), aliran campuran tanah dan batu (*debris flow*), dan rayapan (*creep*).
5. Daerah penelitian dibagi menjadi tiga zona rawan longsor, yaitu zona rendah di Desa Kemanukan, Piji, Clapar Kecamatan Bagelen; zona sedang di Desa Somongari, Semagung, Hargorojo, Kecamatan Bagelen dan zona tinggi di Desa Semono dan Durensari Kecamatan Bagelen, Desa Jatirejo Kecamatan Kaligesing serta Desa Hargotirto Kecamatan Kokap.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2013. Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Tingkat Kabupaten/Kota
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2009. Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Rawan Longsor dan Rawan Erosi di Dataran Tinggi untuk Mendukung Keberlanjutan Pengelolaan Sumberdaya Lahan Pertanian. BBSDLP, Bogor.
- Data Curah Hujan Kabupaten Purworejo. Dinas Pengairan Kab. Purworejo; Pengolah data: Subbagian Perencanaan Evaluasi dan Pelaporan Dipertanhut Kab. Purworejo, diakses di <http://dppkp.purworejokab.go.id/data-curah-hujan> pada tanggal 20 Juni 2016
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2012, *Tanah Longsor dan Erosi, Kejadian dan Penanganan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Harjanto, A. 2008. *Magmatisme dan Mineralisasi di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Jawa Tengah*, Disertasi Doktor, Fakultas Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, 352 hal., tidak diterbitkan.
- Hoek E & Bray J.W, 1981, *Rock Slope Engineering*, Rev 3rd ed, The Institute of Mining and 4 Metalurgy, London
- Pringgoprawiro, H. dan Riyanto, B. (1988), Formasi Andesit Tua suatu Revisi, *Bandung Inst. Teknologi, Dept. Geol. Contr.*, 1-29.
- Rahardjo, W., Rumidi S. dan Rosidi H.M.D. (1977), *Geological map of the Yogyakarta Quadrangle, Java*, skala 1 : 100.000, Geological Survey of Indonesia, 1-15.
- Rickard, M.J., 1992, *Fault Classification, Discussion Geological Society of America*, Bulletin vol.83, in Ragan, D.M 1985.
- Rodhi, Achmad. 1988. Gesesa Penyebaran Batupasir Kuarsa sebagai Dasar Menghitung Cadangan di Desa Sermo, Kecamatan Kokap, Kulon Progo, D.I.Y. Makalah Seminar Semester Ganjil 1988-1989 Tenaga Pengajar UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Van Zuidam, R.A., 1983, *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*, ITC Enschede, Netherlands