

Penentuan Zona Gerakan Tanah dan Analisis Kemantapan Lereng di Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah

Monalisa Isma Rikma Marani^{1*}, Najib Najib¹, Rinal Khaidar Ali¹

¹Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Bencana gerakan tanah merupakan salah satu jenis bencana yang sering terjadi, baik secara alamiah maupun buatan, yang dampaknya menimbulkan korban jiwa dan kerusakan infrastruktur (Noor, 2011). Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali merupakan wilayah yang perkembangan sarana infrastrukturnya cukup tinggi, tetapi juga berpotensi mengalami gerakan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi, tingkat kerentanan gerakan tanah dan kestabilan lereng di Kecamatan Klego. Geologi Kecamatan Klego terdiri dari batulanau, breksi laharik, breksi piroklastik dan endapan alluvium, struktur geologi terdiri dari sesar geser sinistral dengan kedudukan *strike* dan *dip* N 325° E/52°, bersifat minor. Faktor penyebab terjadinya gerakan tanah di Kecamatan Klego adalah kondisi kemiringan lereng yang curam, litologi/ material penyusun lereng yang telah lapuk, dan faktor pemicu berupa infiltrasi air berlebihan ke dalam lereng ketika intensitas hujan tinggi. Kecamatan Klego termasuk daerah dengan tingkat kerawanan zona Tipe B, yang terbagi menjadi 3 tingkat, yaitu kawasan dengan tingkat kerawanan tinggi (kemiringan lereng 25% - 40%), tingkat kerawanan sedang (kemiringan lereng 8% - 16%), dan tingkat kerawanan rendah (kemiringan lereng 21% - 31%). Nilai Faktor Keamanan (FK) setelah menggunakan beban tambahan pada 5 titik adalah 1,28-1,22 (Lokasi 1), 1,54-1,49 (Lokasi 2), 0,62-0,61 (Lokasi 3), 5,68-5,71 (Lokasi 4), dan 0,66-0,68 (Lokasi 5). Berdasarkan hasil tersebut, kondisi lereng di Kecamatan Klego terdiri dari lereng relatif stabil dan labil. Nilai FK yang aman ketika diberikan beban tambahan adalah 1,5. Tidak disarankan memberikan beban yang berlebih di atas lereng dengan FK 1,5. Perlu dilakukan upaya penanggulangan dan pengendalian bahaya gerakan tanah di Kecamatan Klego seperti mengubah geometri lereng, membuat dinding penahan dari batuan dan parit permukaan pada lereng yang tidak stabil, serta perlindungan sistem hidrologi kawasan.

Kata Kunci : Bencana gerakan tanah; kestabilan lereng; Kecamatan Klego; zona gerakan tanah.

ABSTRACT

Land movement/ landslide is one type of disaster that often happened, both naturally or artificially, resulting a lot of casualties and infrastructure destruction (Noor, 2011). District of Klego, Boyolali Regency is an area where the development of infrastructure facilities is high and potentially experience the land movement. The purpose of this research to determine the geological condition, the vulnerability of landslide movement and slope stability in District of Klego. The geology of Klego District consists of siltstone, breccia, pyroclastic breccia and alluvium deposits, structural geology comprising a minor sinistral fault with strike and dip N 325° E/ 52°. The risk factors of land movement in District of Klego are steep slope, the highly weathered of lithology and trigger factor in the form of infiltration of excess water into the slope when the rain intensity is high. District of Klego includes areas of Type B zone vulnerability, divided into 3 levels, areas with high vulnerability (slope of 25% - 40%), moderately vulnerable (slope of 8% - 16%) and low vulnerability (slope of 21% - 31%). The Safety Factor (SF) value after using the additional load at the 5 points is 1.28-1.22 (Location 1), 1.54-1.49 (Location 2), 0.62-0.61 (Location 3), 5.68-5.71 (Location 4) and 0.66-0.68 (Location 5). The slope condition in District of Klego is categorized into stable to unstable. Slope and other control conditions of District of Klego required SF 1.5. Surcharge load is not recommended on the slope when SF is less than 1.5. The preferable preventions in Klego District are changing slope geometry, making retaining walls of rock and surface trenches on unstable slopes, and protecting the area's hydrological system.

Keywords: Land movement disaster; slope stability; District of Klego; land movement zone.

*) Korespondensi: monalisageologi12@gmail.com

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gerakan tanah/ longsor adalah proses perpindahan masa batuan atau tanah akibat gaya berat (gravitasi), dampaknya dapat menimbulkan banyak korban jiwa maupun harta benda (Noor, 2011). Pergerakan yang terjadi disebabkan karena adanya faktor-faktor pengontrol dan pemicu yang bersifat alami maupun non-alami. Bencana gerakan tanah atau longsor tanah sering terjadi dimana bencana tersebut yang terjadi sangat merugikan, karena dapat merusak berbagai sarana infrastruktur. Sarana infrastruktur berguna dalam menunjang kebutuhan manusia. Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali merupakan wilayah yang perkembangan sarana infrastrukturnya cukup tinggi dan berpotensi mengalami gerakan tanah/ longsor. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi meliputi jenis penyebaran tanah/ batuan, struktur geologi dan titik lokasi gejala gerakan tanah/ longsor di daerah penelitian, faktor penyebab gerakan tanah/ longsor, zona potensi gerakan tanah/ longsor, nilai Faktor Keamanan (FK) lereng yang aman ketika diberikan beban tambahan dan rekomendasi yang tepat yang sesuai kondisi daerah penelitian.

Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara fisiografi, daerah penelitian di Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali termasuk ke dalam Zona Antiklinorium Kendeng (van Bemmelen, 1949), Gunungapi Kuarter (Gunung Merbabu), dan Endapan Permukaan. Daerah penelitian tersusun dari 2 (dua) formasi, yaitu Formasi Kerek, Formasi Notopuro, Gunungapi Kuarter Merbabu dan Alluvium.

Tipologi Kawasan Rawan Bencana Longsor Berdasarkan Penetapan Zonasi

Penetapan kawasan rawan bencana longsor dan zona berpotensi longsor didasarkan pada hasil pengkajian terhadap daerah yang berpotensi longsor atau lokasi yang diprediksi akan terjadi longsor akibat proses alami. Kecamatan Klego termasuk kawasan dalam zona Tipe B (Gambar 1).

Daerah berpotensi terjadinya gerakan tanah/longsor dapat dibedakan ke dalam 3 (tiga) tingkatan kerawanan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007), yaitu:

- Kawasan dengan tingkat kerawanan tinggi. Tingkat kerawanan Zona Berpotensi longsor tinggi apabila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 2,40–3,00.
- Kawasan dengan tingkat kerawanan sedang. Tingkat kerawanan Zona Berpotensi longsor sedang bila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 1,70–2,39.
- Kawasan dengan tingkat kerawanan rendah. Tingkat kerawanan Zona Berpotensi Longsor rendah apabila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 1,00–1,69.

Kestabilan Lereng

Kestabilan sebuah lereng mempunyai kaitan dengan sudut lereng, kekuatan material dan diskontinuitas di dalam lereng serta kedudukan air tanah (Verhoef, 1994). Kemantapan lereng kemudian dinyatakan dengan istilah Faktor Keamanan, ditentukan sebagai berikut (Wesley, 2010):

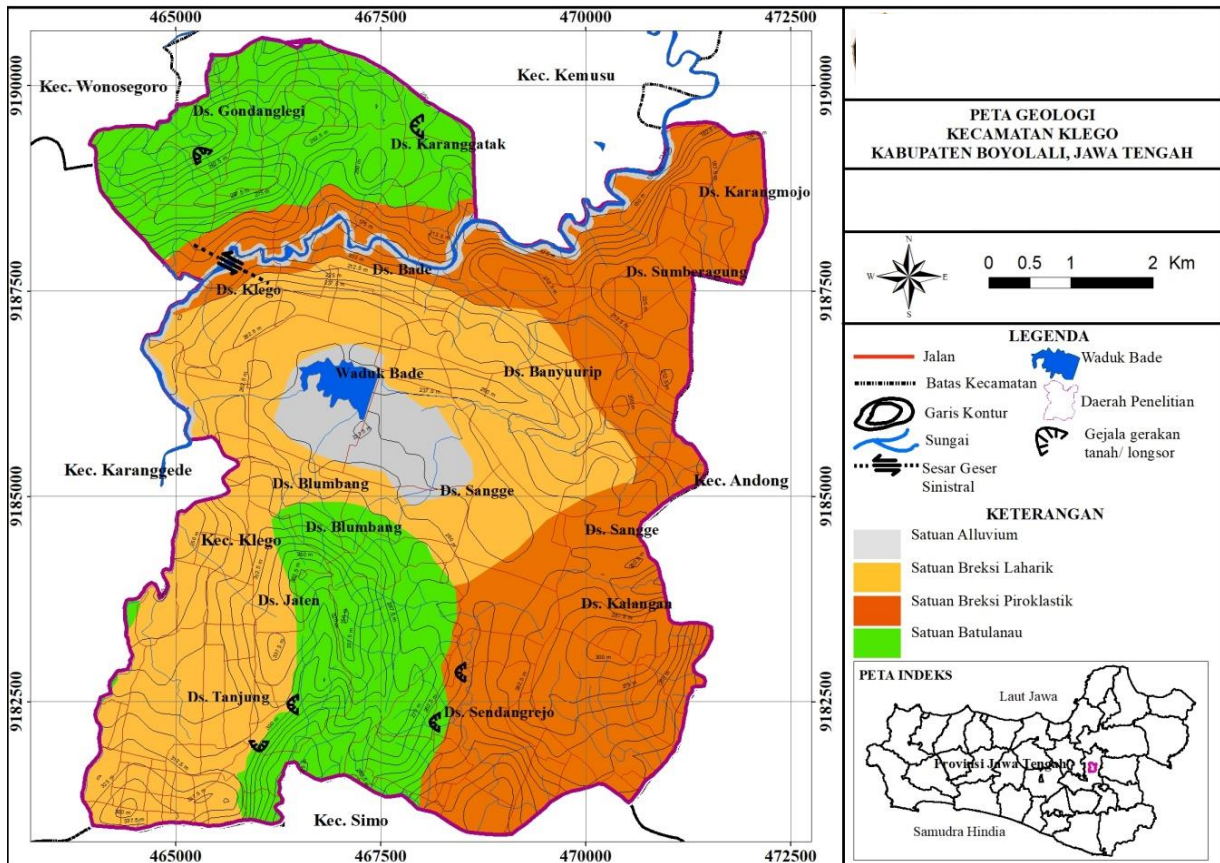
$$FK = \frac{s}{s_m} \dots \dots \dots (1)$$

Di mana s merupakan kekuatan yang ada dan s_m merupakan kekuatan yang dibutuhkan untuk menjaga kemantapan.

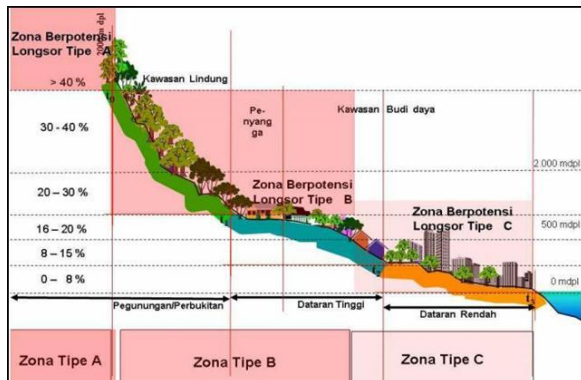
Kriteria nilai FK pada penelitian ini dibagi menjadi dua kegunaan yaitu hubungan nilai FK lereng dengan keruntuhan yang digunakan untuk analisis kemantapan lereng sebelum menggunakan beban dan sesudah menggunakan beban untuk melihat kejadian/ intensitas longsor. Ambang batas FK yang dipakai adalah berdasarkan Bowles (1989), sedangkan kriteria nilai FK yang dipakai sebagai rekomendasi ketika menggunakan beban adalah sebesar 1,5 yang direkomendasikan oleh Departemen Pekerjaan Umum – Pedoman Konstruksi dan Bangunan (2005).

METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam penelitian mencakup pemetaan geologi, pengukuran geometri lereng, pembaratan tangan, uji laboratorium dan analisis kestabilan lereng. Hasil pemetaan geologi digunakan sebagai 7 parameter kriteria dalam penentuan zona rawan berpotensi longsor. Contoh tanah dari pembaratan dan contoh batuan yang diambil di lapangan diuji di laboratorium untuk menyelidiki sifat keteknikan. Uji menghasilkan nilai parameter berupa sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c) dan berat isi (γ).



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian dan lokasi gerakan tanah.



Gambar 2. Tipologi Kawasan Rawan Bencana Longsor (DPU-Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007).

Nilai parameter dan hasil pengukuran geometri lereng digunakan sebagai input pada aplikasi *Slide Ver. 6*. Analisis komputasi dengan 2 (dua) metode yaitu Metode Irisan Bishop yang disederhanakan dan Metode Fellenius. Kemantapan lereng kemudian menghasilkan ambang batas nilai FK lereng di Kecamatan Klego yang diberikan beban tambahan (*surcharge load*).

HASIL

Jenis Litologi

Berdasarkan pemetaan geologi persebaran litologi di Kecamatan Klego dibagi menjadi 4 satuan batuan (Gambar 1) yaitu:

a. Satuan Batulanau

Satuan batulanau ini termasuk dalam Formasi Kerek (Sukardi dan Budhistira, 1992) yang mempunyai ciri-ciri berupa warna dominan abu-abu keputihan (*fresh*) dan untuk warna lapuk pada satuan batuan ini adalah warna coklat terang, struktur perlapisan yang bervariasi, ukuran antara pasir sedang – lanau. Lapukan litologi ini adalah tanah lempung pasiran. Kenampakan pada satuan ini berupa perlapisan yang relatif datar - miring, dengan dip relatif 60° ke atas. Pada satuan ini keterdapat struktur tidak terlalu banyak ditemui, hanya struktur geologi berupa perlapisan batuan.

b. Satuan Breksi Piroklastik

Satuan breksi piroklastik ini termasuk dalam Formasi Notopuro (Sukardi dan Budhistira, 1992), mempunyai ciri-ciri warna dominan coklat kehitaman (*fresh*) dan untuk warna

lapuk pada satuan batuan ini adalah warna hitam, ukuran fragmen kerikil – bongkah, bentuk fragmen yang bervariasi dari *subrounded* hingga *angular*. Sifat fisik dari batuan ini adalah kompak dan memiliki sortasi yang buruk, kehadiran matrik lebih dominan daripada fragmen, dimana matriknya terdiri dari material tuff.

c. Satuan Breksi Laharik

Satuan breksi laharik ini termasuk dalam Formasi Gunungapi Kuartar Merbabu (Sukardi dan Budhistira, 1992), mempunyai ciri-ciri berupa warna dominan coklat (*fresh*) dan untuk warna lapuk dari satuan batuan ini adalah warna coklat gelap kemerah-merahan, ukuran fragmen kerikil – bongkah, dengan bentuk fragmen yang bervariasi dari *subrounded* hingga *angular*. Sifat fisik dari batuan ini adalah kompak dan memiliki sortasi yang buruk, kehadiran fragmen lebih dominan daripada matrik, dimana matriknya terdiri dari batu andesit.

d. Endapan Alluvium

Menurut Sukardi dan Budhistira (1992), satuan endapan ini termasuk dalam endapan permukaan. Satuan endapan alluvium ini merupakan satuan yang terdiri dari material lepasan dari hasil pelapukan batuan sekitar, dimana persebaran dari batuan ini meliputi daerah tebingan sungai. Satuan ini mempunyai ciri-ciri terdiri dari lanau, pasir, kerikil sampai berangkal. Pada satuan ini, tidak terdapat struktur geologi, karena berada pada daerah yang datar. Hasil pelapukan dari satuan ini bermacam-macam karena materialnya berasal dari batuan sumber yang berbeda-beda.

Struktur Geologi

Struktur geologi yang ditemukan terdiri dari struktur perlipatan batuan dan struktur sesar geser sinistral yang memiliki kedudukan *strike* dan *dip* N 325° E/52°.

Gejala Gerakan Tanah/ Longsor

Gejala longsor di 5 titik pada daerah penelitian (Gambar 3-7), terletak di dekat pemukiman warga, jalan penghubung antar desa, jalan setapak yang menghubungkan warga dengan persawahan dan perkebunan warga. Terdapat dua tipe gejala longsor yang diinterpretasikan sebagai gerakan tanah/ longsor tipe longsor rotasional dan runtuh batu.

Tipe longsor rotasional terdapat di Dukuh Gondanglegi-Desa Gondanglegi, Dukuh Bulu-Desa Tanjung, Dukuh Ngemplak-Desa Tanjung dan Dukuh Penggung-Desa Karanggatak, yaitu pergerakan massa tanah atau batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Kemudian, tipe Runtuhan Batu terdapat di Dukuh Sendangrejo, yaitu luncuran jatuh bebas massa batuan akibat gravitasi. Pada longsor, massa yang berpindah dari tempat semula dan terpisah dari massa tanah yang teguh. Hal ini didukung oleh kondisi litologi pada gejala longsor yang homogen. Gejala longsor dengan tipe-tipe tersebut terjadi pada waktu yang relatif cepat sampai sangat cepat dan bertipe setempat.



Gambar 3. Lokasi 1 Dukuh Gondanglegi, Desa Gondanglegi.



Gambar 4. Lokasi 2 Dukuh Bulu, Desa Tanjung.



Gambar 5. Lokasi 3 Dukuh Ngeplak, Desa Tanjung.



Gambar 6. Lokasi 4 Dukuh Sendangrejo, Desa Sendangrejo.



Gambar 7. Lokasi 5 Dukuh Penggung, Desa Karanggatak.

Zona Gerakan Tanah/ Longsor

Penilaian terhadap tingkat kerawanan Zona Berpotensi Longsor Tipe B berdasarkan aspek alami yang meliputi kemiringan lereng, kondisi tanah, batuan penyusun lereng, tata air lereng, curah hujan, vegetasi dan kegempaan, dilakukan dengan menjumlahkan nilai bobot tertimbang dari 7 (tujuh) indikator. Hasil dari penjumlahan nilai bobot tertimbang menghasilkan klasifikasi kriteria tingkat kerawanan zona berpotensi longsor, dengan nilai tertinggi 2,13 dan terendah 0,96.

Tingkat kerawanan gerakan tanah di daerah penelitian dibagi menjadi tiga (Gambar 9):

- Kawasan dengan tingkat kerawanan tinggi merupakan kawasan dengan potensi yang tinggi untuk mengalami gerakan tanah/ longsor, memiliki kemiringan lereng 25% - 40% (18° - 25°) dengan perbedaan ketinggian 200 - 500 meter. Total nilai bobot tertimbang 2,40 - 3,00.
- Kawasan dengan tingkat kerawanan sedang merupakan kawasan dengan potensi yang juga tergolong tinggi untuk mengalami gerakan tanah/ longsor, memiliki kemiringan lereng 8% - 16% (berkisar 6° - 9° dengan perbedaan ketinggian yang tidak berbeda jauh dari daerah tingkat kerawanan tinggi. Total nilai bobot tertimbang 1,70 - 2,39.
- Kawasan dengan tingkat kerawanan rendah merupakan kawasan yang berpotensi terjadinya gerakan tanah/ longsor tergolong rendah, memiliki kemiringan lereng 21% - 30% (10° - 16°) dengan perbedaan ketinggian 75 - 300 meter, namun tidak ada resiko terjadinya korban jiwa terhadap manusia dan bangunan. Total nilai bobot tertimbang 1,00 - 1,69

Analisis Kestabilan Lereng

Nilai parameter geser tanah/ batuan dan nilai Faktor Keamanan sebelum dan sesudah menggunakan beban tambahan (*surchage load*), yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 dengan contoh analisis ditampilkan pada Gambar 8. Kondisi lereng pada Tabel 2 adalah kondisi yang menunjukkan keadaan lereng sebelum dan sesudah menggunakan beban tambahan, dimana nilai FK yang dihasilkan dari ke-5 titik lokasi menunjukkan kondisi lereng yang berbeda-beda.

Kondisi lereng relatif stabil adalah kondisi lereng dengan intensitas terjadinya gerakan tanah/ longsor tergolong jarang terjadi, kondisi lereng tersebut terdapat pada Dukuh Gondanglegi - Desa Gondanglegi, Dukuh Bulu - Desa Tanjung dan Dukuh Sendangrejo - Desa Sendangrejo, tetapi pada kondisi jika menggunakan beban tambahan, lereng di Dukuh Gondanglegi - Desa Gondanglegi dan Dukuh Bulu - Desa Tanjung tergolong tidak aman. Kemudian, untuk kondisi lereng labil adalah kondisi yang dengan intensitas terjadinya gerakan tanah/ longsor tergolong biasa/ sering terjadi, kondisi lereng tersebut terdapat pada

Tabel .1 Sifat Keteknikan Material Tanah/ Batuan

No.	Lokasi Gejala Longsor	Sifat Keteknikan Material Tanah/ Batuan
1.	Dukuh Gondanglegi, Desa Gondanglegi	$\gamma = 16,5 \text{ kN/m}^3$, $C = 19,3 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 22,20^\circ$
2.	Dukuh Bulu, Desa Tanjung	$\gamma = 15,8 \text{ kN/m}^3$, $C = 10,2 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 27,14^\circ$
3.	Dukuh Ngemplak, Desa Tanjung	$\gamma = 15,8 \text{ kN/m}^3$, $C = 10,2 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 27,14^\circ$
4.	Dukuh Sendangrejo, Desa Sendangrejo	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$, $C = 133 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 18,092^\circ$
5.	Dukuh Penggung, Desa Karanggatak	$\gamma = 17,4 \text{ kN/m}^3$, $C = 17,8 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 8,55^\circ$

Tabel.2 Nilai Faktor Keamanan Sebelum dan Sesudah Menggunakan Beban Tambahan

No.	Lokasi	Nilai FK (kondisi tidak menggunakan beban)	Kondisi/ Intensitas Longsor	Nilai FK (kondisi menggunakan beban tambahan)
1.	Dukuh Gondanglegi, Desa Gondanglegi	1,32-1,26	Lereng relatif stabil	1,28 -1,22
2.	Dukuh Bulu, Desa Tanjung	1,68-1,65	Lereng relatif stabil	1,54-1,49
3.	Dukuh Ngemplak, Desa Tanjung	0,66-0,65	Lereng labil	0,62-0,61
4.	Dukuh Sendangrejo, Desa Sendangrejo	6,45-6,52	Lereng relatif stabil	5,68-5,71
5.	Dukuh Penggung, Desa Karanggatak	0,71-0,73	Lereng labil	0,66-0,68

Dukuh Ngemplak – Desa Tanjung dan Dukuh Penggung – Desa Karanggatak, lereng-lereng tersebut tidak labil, baik pada penggunaan beban tambahan. Walaupun lereng di 4 (empat) titik relatif stabil, tetapi tidak menutup kemungkinan untuk mengalami gerakan tanah/ longsor, karena gejala fisik yang terlihat di lapangan menunjukkan bahwa lereng-lereng tersebut bersifat rentan untuk bergerak.

Melihat kondisi geologi, kemiringan lereng dan juga kondisi pengontrol lainnya yang ada di Kecamatan Klego, maka nilai FK yang aman ketika suatu lereng di Kecamatan Klego menggunakan beban tambahan adalah direkomendasikan sebesar 1,5. Jika pada lereng nilai FK kurang dari 1,5, maka tidak direkomendasikan untuk dilakukan proses pembangunan karena resiko kerugian baik terhadap nyawa, harta, dan benda warga sekitarnya sangat besar.

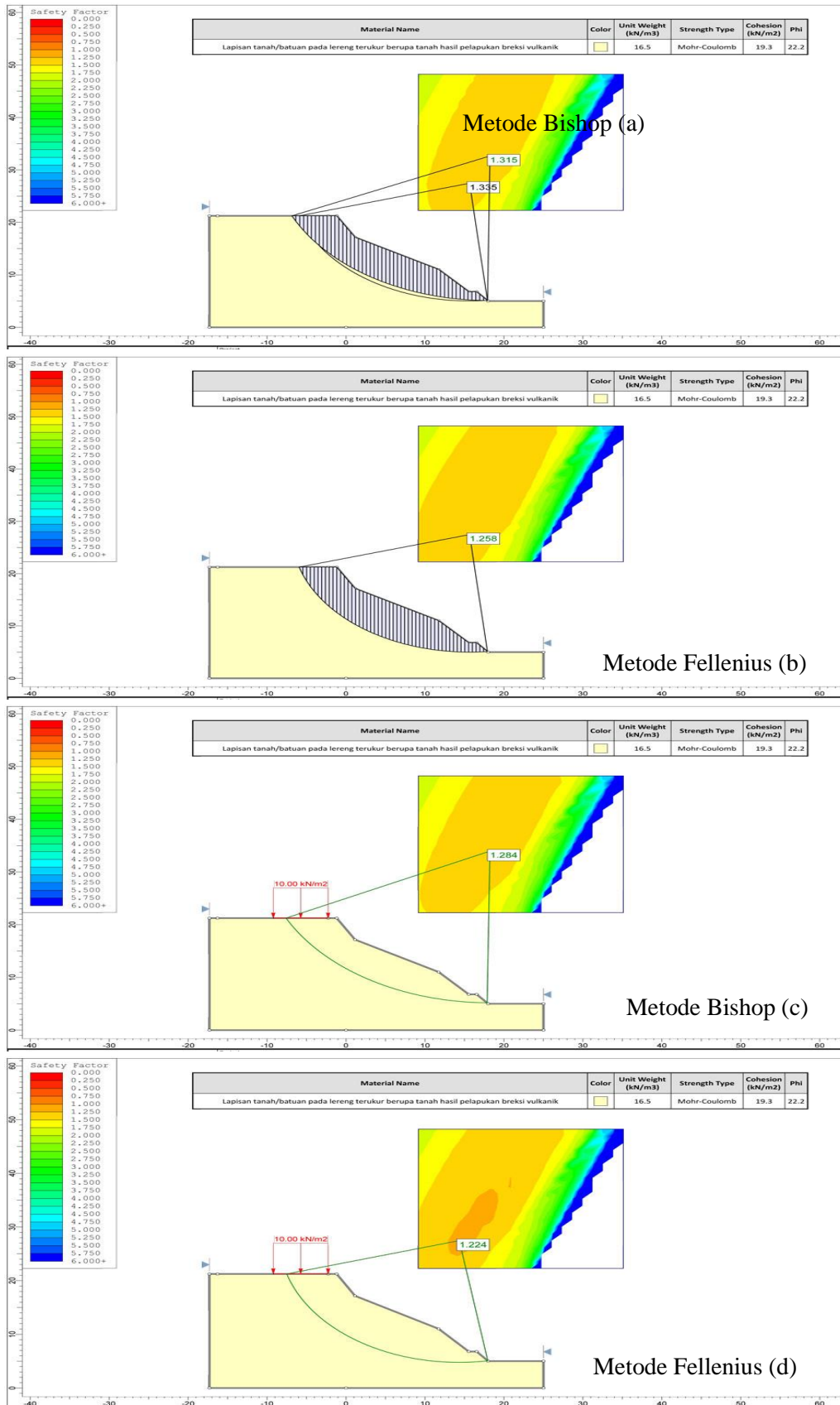
Faktor Penyebab Gerakan Tanah/ Longsor

Faktor yang bersifat sebagai pengontrol, yaitu:

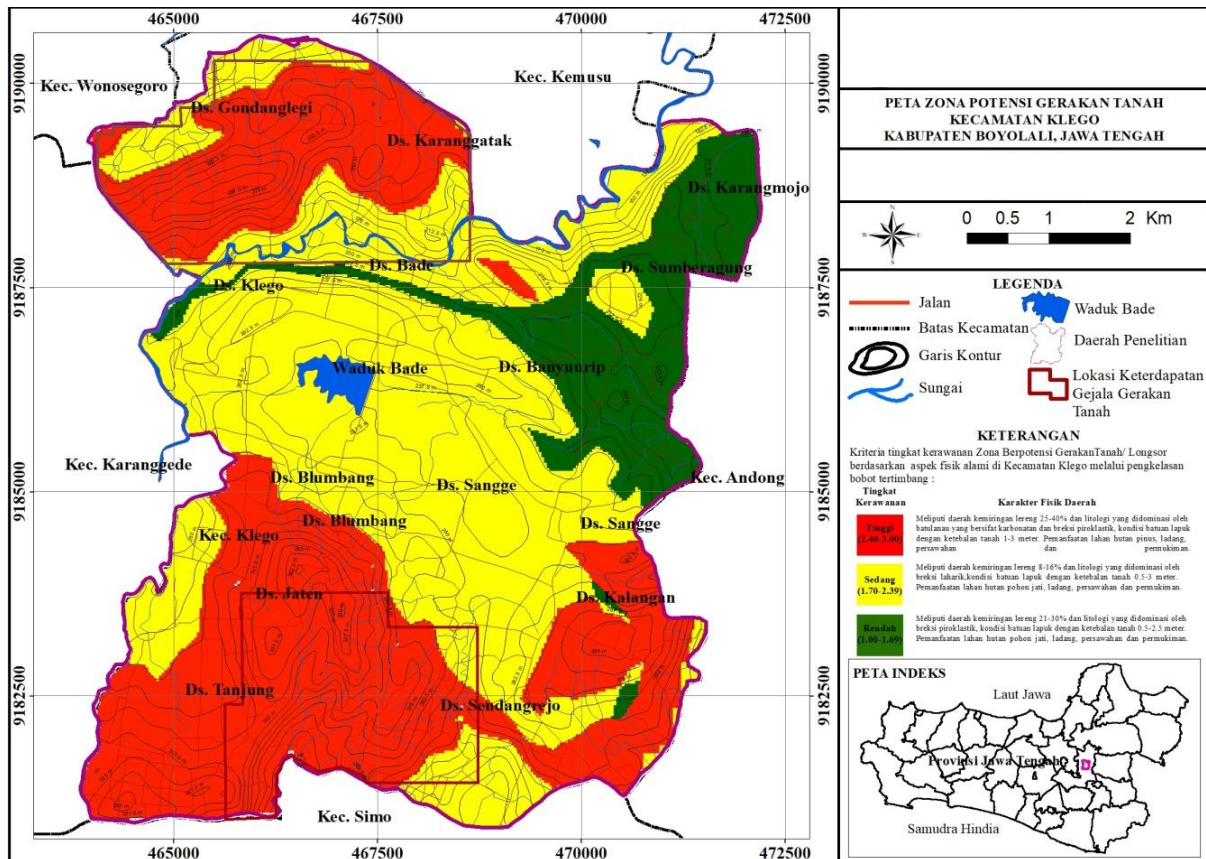
- a. Kondisi Kemiringan Lereng
Kecamatan Klego dapat dikategorikan sebagai daerah yang memiliki kondisi kemiringan lereng terjal dan curam untuk area-area yang rawan terhadap bahaya gerakan tanah/ longsor karena berada pada area berbukit – pegunungan.
- b. Kondisi Litologi/ Material Penyusun Lereng
Umumnya area di Kecamatan Klego yang rawan terjadinya longsor adalah area yang berada di daerah yang material penyusunnya berupa lempung pasir yang merupakan pelapukan dari batulanau dan batupasir tufan. Terlihat adanya retakan-retakan pada material tersebut.

Faktor yang bersifat sebagai pemicu, yaitu:

- a. Pengisian air ke dalam lereng yang melebihi kapasitasnya, terkait intensitas hujan tahunan. Intensitas curah hujan yang terjadi di Kecamatan Klego termasuk dalam tipe hujan deras yang dapat mencapai 30 - 70 mm/ jam (rata - rata 279 mm tahun 2016).



Gambar 8. Analisis kestabilan lereng menggunakan Metode Bishop dan Metode Fellenius di Dukuh Gondanglegi, Desa Gondanglegi; (a, b) kondisi awal; (c, d) menggunakan beban tambahan.



Gambar 9. Peta Kerawanan Gerakan Tanah Kecamatan Klego.

b. Aktivitas Manusia. Lereng pada area yang rawan, kebanyakan telah dijadikan permukiman dan perkebunan oleh warga sekitar. Tetapi untuk faktor aktivitas manusia di Kecamatan Klego tidak begitu berpengaruh besar.

KESIMPULAN

Daerah penelitian tersusun dari Satuan Batulanau, Satuan Breksi Laharik, Satuan Breksi Piroklastik dan Endapan Alluvium, dan dijumpai 5 titik lokasi longsor. Faktor pengontrol yang diidentifikasi di daerah penelitian adalah kemiringan lereng terjal dan material penyusun berupa lempung pasir. Tiga zona rawan berpotensi longsor Tipe B di daerah penelitian, yaitu: Zona Tinggi (kemiringan lereng 25%-40%), Zona Sedang (kemiringan lereng 8%-16%), dan Zona Rendah (kemiringan lereng 21%-31%). Nilai FK yang aman ketika di berikan beban adalah sebesar 1,5.

Rekomendasi

Upaya penanggulangan dan pengendalian yang sesuai kondisi di Kecamatan Klego, yaitu: 1)

penanggulangan melalui rekayasa keteknikan dengan melandaikan lereng yang curam membuat parit permukaan di bagian atas lereng pada bagian tanah lereng yang stabil, dan membuat dinding penahan dari batuan yaitu sebagai peyangga di bawah kaki lereng, 2) pengendalian pemanfaatan ruang kawasan rawan bencana tanah longsor dengan melakukan perlindungan sistem hidrologi kawasan dengan tetap mempertahankan dan menanam kembali pohon-pohon asli, dibangun hunian dan kegiatan transportasi lokal dengan pengendalian air permukaan yang tepat pada lereng, membuat dinding penahan pada lereng, meminimalkan pembebanan pada lereng dengan membangun jalan yang mengikuti pola kontur lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, *Pedoman Konstruksi dan Bangunan – Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan, Pd T – 09 – 2005 – B*. Direktorat Jenderal Penataan Ruang: Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2007. *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana*

- Longsor – Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/ PRT/ M/ 2007*. Direktorat Jenderal Penataan Ruang: Jakarta.
- Karnawati, D., 2005, *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Noor, D., 2011, *Geologi Untuk Perencanaan*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2015, *Buklet Gerakan Tanah*. Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: Bandung.
- Sukardi, dan Budhitrisna, T., 1992, *Peta Geologi Lembar Salatiga, Jawa Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung
- van Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology Of Indonesia Volume IA*, Government Printing Office, The Hague.
- Verhoef, W. N. P., 1994, *Geologi Untuk Teknik Sipil*. PT. Gelora Aksara Pratama: Jakarta.
- Wesley, D.L., 2010, *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. ANDI: Yogyakarta.

