

KONDISI GEOLOGI TEKNIK DAERAH RAWAN LONGSOR KECAMATAN KARANGKOBAR, BANJARNEGARA

Rokhmat Hidayat

Balai Litbang SABO, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jalan Sopalana, Maguwoharjo, Sleman, D.I. Yogyakarta
*rokhmathidayat33@gmail.com, perpusgyh@gmail.com

Abstrak

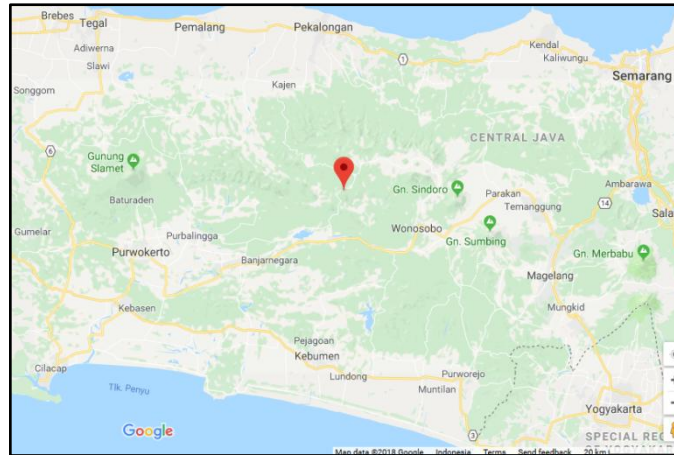
Setiap musim hujan wilayah Kecamatan Karangobar, Kabupaten Banjarnegara sering terjadi longsor. Kejadian longsor menyebabkan kerusakan infrastruktur, rumah, maupun korban jiwa manusia. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian ke lokasi terjadinya longsor untuk mengetahui faktor penyebabnya. Kegiatan penelitian meliputi pemetaan geologi, pengambilan sampel tanah terganggu dan tak terganggu, analisis laboratorium, analisis struktur geologi, serta analisis kestabilan lereng. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran titik potensi longsor dan mengetahui karakteristik fisik tanah di zona longsor. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan analisis laboratorium terdapat dua jenis tanah penyusun yaitu tanah lanau dan tuf pasir, yang merupakan endapan piroklastik yang tidak terkonsolidasi dengan baik. Kedua jenis tanah ini merupakan tanah yang berpotensi longsor ketika musim hujan. Hasil pemetaan menunjukkan tebal tanah 8m. Berdasarkan plot lokasi longsor pada peta geologi, mayoritas lokasi longsor berhubungan dengan struktur geologi berupa sesar. Pengamatan di lapangan memperlihatkan jenis longsor translasi tanah dan longsor bahan rombakan paling banyak terjadi. Lokasi longsor mayoritas memiliki kemiringan lereng berkisar antara 37°-75°. Hasil pemodelan stabilitas lereng lokasi longsor Jemblung dengan TRIGRS menunjukkan pada beberapa lokasi mengindikasikan rawan longsor.

Kata kunci: geologi teknik, rawan longsor, stabilitas lereng, karangkobar

PENDAHULUAN

Banjarnegara merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki wilayah dengan potensi gerakan massa yang tinggi. Hampir tiap tahun di setiap musim hujan longsor selalu terjadi. Salah satu kecamatan yang sering longsor yaitu di Kecamatan Karangobar. Longsor paling fenomenal di Kecamatan Karangobar terjadi di Dusun Jemblung pada tanggal 12 Desember 2014 yang mengakibatkan 100 lebih orang korban jiwa dan banyak rumah yang tertimbun. Longsor tersebut juga merusak serta menimbun infrastruktur umum seperti jembatan dan jalan raya. Selain di Jemblung longsor juga terjadi di Dusun Paweden, Sijeruk, dan juga Gintung. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran titik potensi longsor dan mengetahui karakteristik fisik tanah di zona longsor. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Longsor terjadi karena proses alami dalam perubahan struktur muka bumi. Perubahan struktur muka bumi ini diakibatkan oleh gangguan kestabilan tanah dan batuan penyusun lereng. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007 definisi longsor adalah suatu proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah miring dari kedudukan semula, sehingga terpisah dari massa yang mantap, karena pengaruh gravitasi, dengan jenis gerakan berbentuk rotasi dan translasi. Terdapat beberapa tipe longsor yang dapat diidentifikasi di lapangan. Tipe – tipe longsor tersebut diantaranya adalah longsor tipe runtuh, robohan, longsor, gerakan lateral dan gerakan aliran (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2009). Aktivitas dan tipe-tipe longsor atau batuan dipengaruhi oleh faktor topografi, litologi, stratigrafi, struktur geologi, iklim, organik dan aktivitas manusia (Karnawati, 2005). Menurut Lytton & Dyke 1980, dalam Hardiyatmo 2006, faktor penyebab longsor dapat disebabkan dari dalam dan dari luar.



Gambar 1. Lokasi penelitian di daerah kecamatan Karangobar, banjarnegara (sumber: Google.earth)

Menurut Karnawati (2005) longsor termasuk kedalam gerakan massa dimana gerakan massa dikontrol oleh faktor pengontrol gerakan massa, yaitu geomorfologi, struktur geologi, litologi batuan, tata guna lahan, dan geohidrologi. Menurut Kinasti 2014, struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian sangat berpengaruh terhadap longsor yang terjadi di Dusun Windusari, Desa Metawana, Kecamatan Pagentan, Kabupaten Banjarnegara. Menurut Nugroho 2014, faktor yang paling tinggi dalam mempengaruhi ancaman longsor di Kecamatan Pejawaran Kabupaten Banjarnegara adalah kemiringan lereng dan litologi atau jenis batuan penyusun lapisan tanah

METODE PENELITIAN

Investigasi geologi berupa pemetaan geologi, pengambilan sampel tanah terganggu dan tak terganggu, analisis laboratorium, analisis struktur geologi, serta pemodelan kestabilan lereng. Pemetaan geologi wilayah longsor dilakukan untuk memetakan kejadian longsor di Karangobar dan memetakan jenis batuan atau tanah yang mengalami kejadian longsor. Contoh tanah terganggu dan tak terganggu yang diperoleh dari pengambilan sampel di lokasi penelitian akan diuji di laboratorium untuk mendapatkan data tentang sifat fisik dan keteknikannya. Untuk mendapatkan gambaran fisik dan keteknikan tanah residual penyusun lereng kaitannya dengan potensi longsor. Pemetaan geologi dilakukan dengan cara mengamati morfologi, topografi, jenis litologi, kondisi hidrologi, struktur geologi yang berkembang, dan tata guna lahan di lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan plastik sampel untuk sampel terganggu. Untuk sampel tak terganggu menggunakan tabung. Selanjutnya dilakukan analisis ukuran butir, batas-batas Atterberg, dan analisis triaksial dilakukan sebagai bagian dari analisis laboratorium. Fraksi pasir penyusun tuf pasir memiliki karakteristik keteknikan berupa kuat geser (*shear strength*) yang lebih besar dan tidak mudah memadat daripada fraksi lempung. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Kramer (1996), dan Bell (2007).

Analisis struktur geologi dilakukan untuk mendapatkan karakteristik struktur geologi yang ada disepanjang jalur transek dan melihat pengaruhnya terhadap kejadian longsor. Menurut Karnawati 2006, sebagai akibat dari gempa bumi 27 Mei 2006 yang lalu, lebih dari 150 kejadian gerakan massa batuan terjadi di sepanjang tebing bagian barat dan utara Pegunungan Selatan yang berada di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penyebaran titik-titik luncuran/jatuhan tersebut sesuai dengan penyebaran jalur patahan di Pegunungan Selatan yang berarah umum timur laut – barat daya dan berarah barat-timur

Pemodelan kestabilan lereng dilakukan dengan program TRIGRS. Pemodelan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi keamanan lereng dan faktor-faktor yang mempengaruhi kondisikeamanan lereng, baik itu faktor internal maupun eksternal. Untuk pemodelan stabilitas regional diperlukan masukan data data primer penelitian maupun data sekunder. Data primer didapat melalui pengujian laboratorium dan

investigasi lapangan seperti sifat geotek tanah, ketebalan tanah, dan tinggi muka air tanah. Data sekunder didapat melalui instansi badan informasi geospasial (BIG) untuk data digital elevation model (DEM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Longsor

Longsor terjadi pada beberapa desa. Dilakukan plot lokasi longsor pada peta geologi (lihat Gambar 2). Plot lokasi longsor pada peta geologi bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi ada lokasi kejadian longsor. Kondisi geologi yang dikaji terutama keberadaan sesar dan jenis batuan. Kedua parameter ini dinilai mempunyai pengaruh tinggi terhadap kejadian longsor. Kondisi geologi terutama adanya sesar, sangat berpengaruh terhadap terjadinya longsor. Mayoritas lokasi longsor berada pada zona sesar maupun zona kelurusan (diduga zona sesar).

Tabel 1. Titik Longsor Kecamatan Karangkoobar

No	Koordinat X,Y	Pergerakan	Material	Lokasi
1	356949, 9192436	Translasi	Tanah dan batu	Desa Paweden
2	358965, 9194599	Translasi	Tanah dan batu	Jemblung, Desa Sampang
3	359285, 9194674	Rayapan	Tanah dan batu	Paweden
4	358399, 9192565	Luncuran	Tanah	Paweden
5	357424, 9193507	Rayapan	Tanah	Slatri
6	357431, 9197637	Luncuran	Tanah dan batu	Gintung, Desa Binangun

Luncuran translasi tanah adalah jenis longsor yang dominan berkembang di Karangkoobar, melibatkan jenis tanah lanau dan tuf pasir. Pengamatan di lapangan memperlihatkan dimensi longsor yang mempunyai kisaran lebar 12-35 m, tinggi 15-20 m, dan dengan kemiringan lereng berkisar antara 25-70°. Berdasarkan penampakan megaskopis, lanau berwarna merah-merah kecokelatan, ukuran butir lanau-lempung pasir. Penampakan megaskopis memperlihatkan tanah lempung yang merupakan jenis tanah residu hasil pelapukan batuan vulkanik. Secara megaskopis, tanah lanau tidak terkonsolidasi dengan baik dan mudah sekali terlepas/terurai. Berdasarkan penampakan di lapangan, jika endapan tersebut membentuk kemiringan, maka akan mudah longsor. Selama proses pengamatan lapangan kejadian longsor di daerah penelitian tahun 2015, dijumpai longsor pada beberapa lokasi (lihat Tabel 1). Selanjutnya dilakukan plot lokasi longsor pada peta geologi (lihat Gambar 2). Plot lokasi longsor pada peta geologi bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi ada lokasi kejadian longsor. Kondisi geologi yang dikaji terutama keberadaan sesar dan jenis batuan. Kedua parameter ini dinilai mempunyai pengaruh tinggi terhadap kejadian longsor.

Lokasi longsor Jemblung, merupakan longsor pada bukit, sekitar ± 10 km dari kota Banjarnegara. Gambar 3. menunjukkan kondisi longsor di Jemblung, Karangkoobar (Gambar 2). Berdasarkan hasil peninjauan dan pengamatan di lapangan, diidentifikasi bahwa jenis longsor adalah Longsor Rotasi (*Slump Slide*). Berdasarkan peninjauan di lapangan, diidentifikasi kemiringan lereng pada lokasi bencana yaitu sekitar 45-50°. Hal ini menunjukkan bahwa daerah bencana memiliki kerentanan tinggi longsor. Lereng yang terjal akan cenderung lebih rentan longsor dibandingkan dengan lereng yang landai. Topografi daerah penelitian sebagian besar memperlihatkan perbukitan bergelombang yang diakibatkan oleh kontrol struktur geologi dan batuan penyusunnya. Kondisi Geologi lokasi longsor Jemblung dapat dilihat pada tabel 2.

Lokasi longsor Sijeruk berada di pinggir jalan dan pemukiman pada penduduk (Gambar 2). Merupakan longsor translasi. Litologi yang dijumpai berupa perlapisan batupasir tufan, tuf dan breksi vulkanik. Kondisi lereng terjal dengan kemiringan sekitar 45° - 60° dengan kondisi batuan lapuk.

Lokasi longsor Gintung merupakan longsor tipe translasi (Gambar 2). Mempunyai dimensi longsor tinggi 55 m lebar 40 m. Kemiringan lereng adalah 60° . Material berupa tanah berpasir (tabel 7). Saat dilakukan pengamatan lapangan longsoran-longsor kecil masih terjadi. Material melewati sungai dengan lebar 10 meter. Dimensi material longsor yang melewati sungai lebar 45 meter dan tebal sekitar 75 cm (Gambar 2). Volume longsor adalah sekitar 5 ribu m^3 .



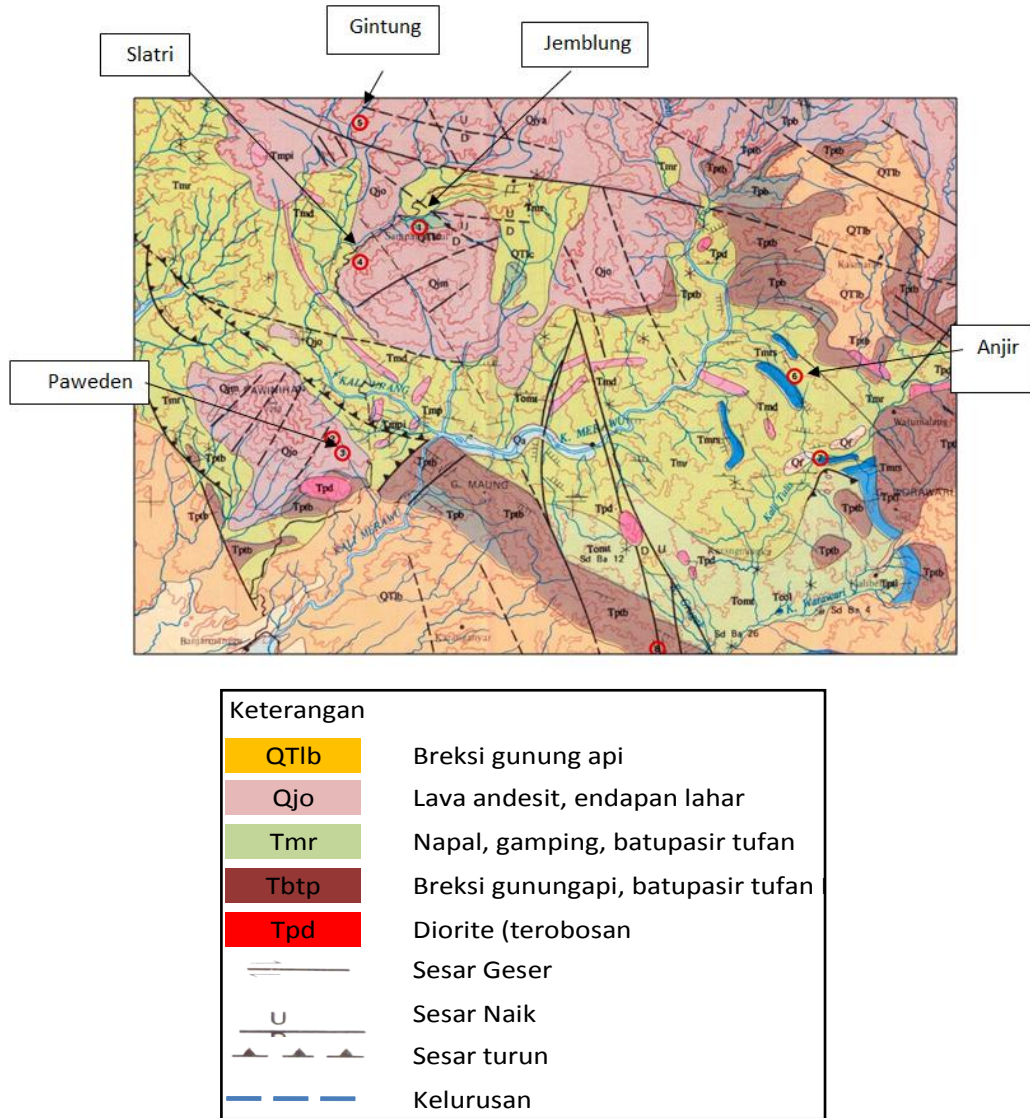
Gambar 2. Gambaran Kondisi Longsor Jemblung, Sijeruk dan Gintung, Foto diambil 14 Juni 2015

Kondisi Geologi Regional

Kondisi batuan penyusun lereng didapatkan dari peta geologi Kecamatan Karang Kobar (Gambar 6.15-16). Peta Geologi ini memiliki skala 1 :25.000. Pada peta geologi tampak bahwa sebaran utama pada daerah penelitian terdiri dari lava andesit (Qjo) dan batupasir tufan (Tmr). Selanjutnya dilakukan pengamatan sayatan tipis batuan, terhadap dua jenis satuan batuan pada daerah ini, yaitu satuan andesit, dan satuan batupasir tufan.

Berdasarkan analisa struktur geologi pada lokasi longsor, dilakukan analisis pengaruh atau hubungan struktur geologi terhadap kejadian longsor (Gambar 3). Hasil analisis terdapat hubungan adanya struktur geologi terutama adanya sesar, sangat berpengaruh terhadap terjadinya gerakan tanah. Mayoritas lokasi gerakan tanah berada pada zona sesar maupun zona kelurusan (diduga zona sesar).

Satuan andesit ini merupakan tubuh batuan intrusif. Satuan ini berumur miosen tengah hingga miosen akhir (Samodra, dkk., 1996). Secara megaskopis batuan ini berwarna abu-abu, dengan tekstur holokristalin, ukuran kristal halus hingga kasar, memiliki struktur yang masif, komposisi batuan ini berupa plagioklas, hornblende, mikroklin, piroksen (Gambar 4). Tingkat pelapukan pada batuan ini termasuk sedang. Nilai pembobotan pada satuan ini adalah satu dengan potensi terjadinya gerakan massa rendah. Tingkat pelapukan pada satuan ini tinggi.



Gambar 3. Plot Lokasi Longsor pada Peta Geologi (Samodra 1996)



Gambar 4. Sayatan tipis batu andesite lokasi Karanggondang (Arrisaldi 2016)

Satuan Batupasir Tufan memiliki tebal sekitar 60 meter dan berumur kuarter (Samodra, dkk., 1996). Satuan ini terendapkan selaras setelah satuan breksi andesit. Secara megaskopis batuan pada satuan ini berwarna coklat keputih-putihan, kondisi lapuk lanjut, ukuran butir pasir halus-pasir kasar, struktur sedimennya masif, komposisi berupa kuarsa, feldspar, litik, dan gelas vulkanik (Gambar 5). Kondisi batuan pada satuan ini sangat lapuk, sehingga tidak didapatkan sampel untuk analisis petrografi. Satuan batuan ini memiliki dipotong oleh sesar karangkobar, sesar sampang, sesar slatri yang merupakan batas satuan.



Gambar 5. Sayatan tips batupasir tufaan lokasi Paweden (Arrisaldi 2016)

GEOLOGI TEKNIK

Pada daerah longsor karangkobar zona tanah memiliki ketebalan >2 meter, mudah lolos air, gembur, dan tanah tersebut merupakan hasil lapukan dari batuan induknya (Gambar 6). Kondisi tanah dengan ketebalan demikian memiliki pelamparan paling luas dan terletak pada litologi breksi andesit, andesit, basalt, batupasir, dan batupasirtufan. Kondisi tanah yang tebal ditunjukkan dengan kondisi tanah yang subur dan gembur (Gambar 6.8). Zona ini memiliki pelamparan paling luas sekitar 95% dari luas wilayah Kecamatan Karangkobar. Kondisi ini terjadi karena tingkat pelapukan yang tinggi dan kondisi batuan yang merupakan batuan vulkanik dan batuan beku dengan struktur geologi yang intensif.



Gambar 6. Kondisi tanah hasil lapukan andesit dan pada lokasi longsor gintung

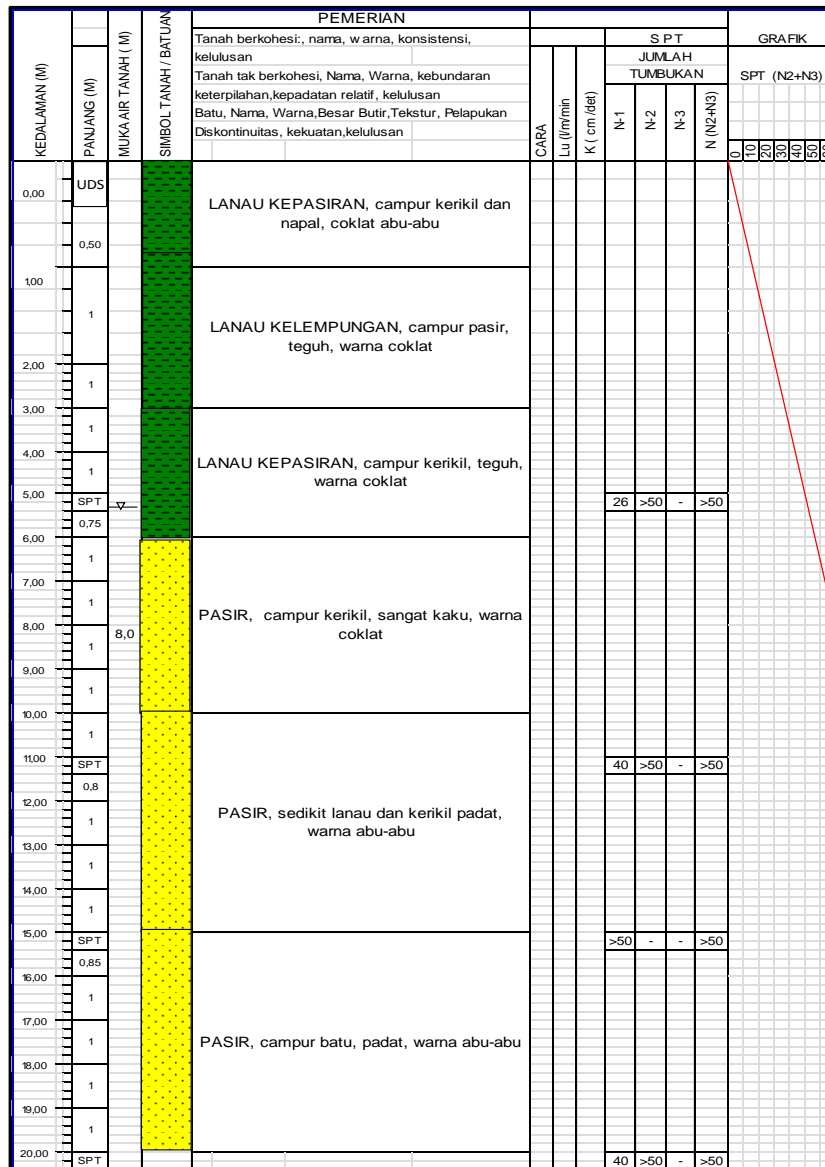
Dari hasil pemboran yang dilakukan pada koordinat 7° 16.636'S dan 109° 43.042'E oleh Bina Marga Wonosobo 2015 (Gambar 7), secara umum lereng dibagi menjadi 2 lapis tanah yaitu:

1. Lapisan 1

Lapisan 1 diidentifikasi sebagai jenis tanah lanau kepasiran dengan dominasi tanah pasir. Tanah pada elevasi +0,00 hingga -8,00 m dianggap masih dalam satu jenis lapisan tanah. Hal tersebut disebabkan grafik N-SPT yang cenderung membentuk kemiringan yang seragam hingga kedalaman -8 m. Tanah lapisan satu memiliki nilai kadar air (ω) 42,35%, berat jenis (G_s) 2,6487, berat volume (γ) 1,6785 kg/cm³, sudut geser (ϕ) 28°, porositas (n) 55,48%, angka pori (e) 1,2643.

2. Lapisan 2

Merupakan jenis tanah kepasiran dengan ketebalan +12,00 m. Pada ketebalan ini N-SPT konstan pada nilai >60. Tanah kepasiran tersebut memiliki kadar air 32,57%, berat jenis (G_s) 2,7076; berat volume (γ) 1,538 kg/cm³; sudut geser dalam (ϕ) 33°.



Gambar 7. Profil tanah berdasarkan hasil pemboran Binamarga Wonosobo 2015 (Prasetyaningtyas 2016)

PEMODELAN STABILITAS LERENG

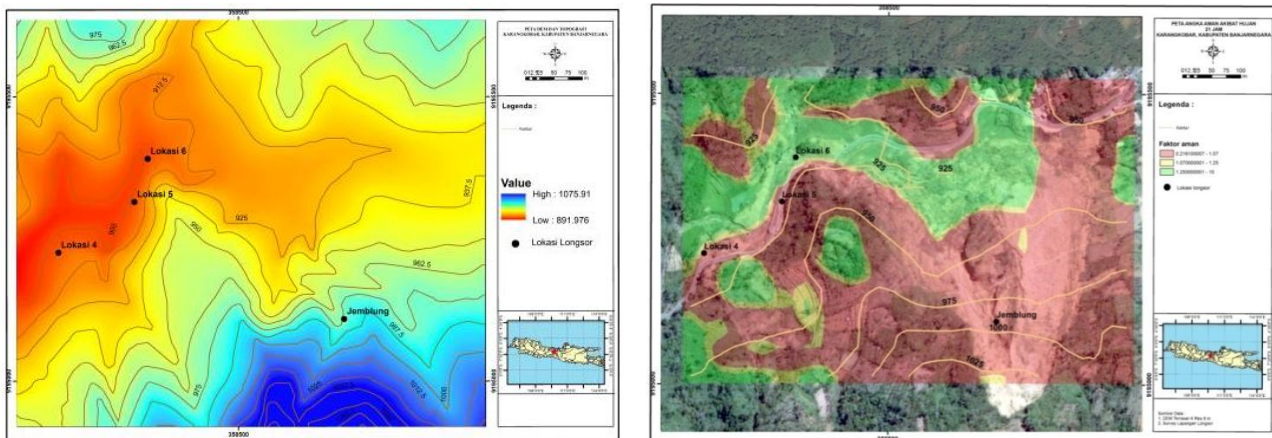
Geomorfologi daerah Karangobar terdiri dari perbukitan curam dengan elevasi 890 – 1.075m di atas permukaan laut, mempunyai kemiringan antara 0-75° (Gambar 8). Dari peta topografi dapat dilihat bahwa lokasi longsor berada suatu alur atau lembah. Kondisi ini punya pengaruh tinggi terhadap kerawanan longsor. Apabila terjadi hujan maka air sebagian akan meresap ke dalam tanah dan sebagian akan mengalir di permukaan tanah. Akibat kandungan air yang tinggi maka lokasi ini menjadi rawan terjadi longsor.

Pemodelan stabilitas lereng ini dilakukan dengan menggunakan Program TRIGRS (*Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis*) Versi 2.0. Pemodelan kerentanan longsor berdasarkan TRIGRS (Baum et al, 2008) memerlukan data raster berupa ketinggian dan kemiringan lereng, karakteristik keteknikan dan hidrologi lereng. Program ini Variabel utama yang dihitung dalam TRIGRS adalah intensitas presipitasi (cri), kemiringan (°), kedalaman tanah (Z), kedalaman tabel air awal (depthwt), konduktivitas hidrolis vertikal jenuh (ks), diffusivity hidrolis (D), Tiga karakteristik kurva karakteristik air tanah, kohesi untuk tegangan efektif (c’), sudut gesekan internal untuk tegangan efektif (φ’), dan berat satuan total tanah (γs) (lihat Tabel 2). Data geotek tanah diperoleh dari hasil uji lab.

Tabel 2.Data Masukkan TRIGRS

Parameter	Wilayah 1, Zona		Wilayah 2, Zona		
	1	2	1	2	
c'	N/m ²	1.1×10 ³	1.1×10 ³	1.1×10 ³	1.1×10 ³
ϕ'	°	13.810	13.810	13.810	13.810
γ_s	N/m ³	1.4×10 ⁴	1.4×10 ⁴	1.4×10 ⁴	1.4×10 ⁴
k_{sat}	m/s	2.204×10 ⁻⁵	2.7×10 ⁻⁵	6.70x10 ⁻⁷	6.96x10 ⁻⁷
θ_s	-	0.6	0.7	0.58	0.7
θ_r	-	0.08	0.18	0.13	0.17
α	-	-3.14	-3.25	-3.25	-2.017
D_1	m/s	3.0×10 ⁻³	4×10 ⁻³	9.25x10 ⁻⁵	1.039x10 ⁻⁴
i	m/s	3.41×10 ⁻⁶	3.41×10 ⁻⁶	3.41×10 ⁻⁶	3.41×10 ⁻⁶

Sumber: hasil uji lab



Gambar 8. Peta Model Ketinggian Digital (DEM) Lokasi Longsor Karangobar, Peta Stabilitas Lereng Lokasi Longsor Karangobar

Hasil simulasi pemodelan stabilitas lereng dengan TRIGRS yaitu berupa variasi faktor keamanan spasial seperti disajikan pada Gambar 9. Bila didasarkan pada pendekatan teori keseimbangan batas (*limit equilibrium*) untuk analisis stabilitas lereng satu atau dua dimensi, maka lereng akan longsor jika memiliki nilai FS < 1. Namun, Ward et al. (1979) menyebutkan bahwa kesalahan (*errornous*) penentuan FS dalam area spasial berkisar 20% hingga 30%, sehingga penentuan potensi longsor pada lereng seperti disajikan pada Tabel 2. Menggunakan klasifikasi pada Tabel 2, maka hasil simulasi TRIGRS menunjukkan bahwa terdapat bagian wilayah yang mengalami potensi longsor yang tinggi. Pada Gambar 3 terlihat bahwa wilayah yang mengalami longsor terutama bagian atas lereng yang curam dengan sudut kemiringan rata-rata lebih besar dari 20°. Selain itu bagian atas lereng biasanya merupakan bagian mahkota longsor yang menjadi sumber gaya dorong pergerakan lereng dari atas lereng. Selain itu rendahnya stabilitas tanah residu hasil dari pelapukan batuan juga menyebabkan hujan mudah masuk ke dalam lapisan tanah dan batuan. Mišćević dan Vlastelica (2014) menyebutkan bahwa pelapukan akan menghasilkan pengurangan kuat geser tanah batuan pada lereng.

Daerah dengan tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana longsor pada Kecamatan Karangobar, memiliki nilai indikator potensi gerakan massa kelerengan tinggi, tanah yang tebal >2 meter, kondisi penyusun batuan yang banyak mengalami deformasi akibat struktur geologi, densitas kelurusan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi ketika musim hujan menjadi faktor pembebanan lereng bertambah. Kondisi geologi pada daerah dengan potensi gerakan massa tinggi ini memiliki litologi yang sama dengan zona dengan potensi sedang. Faktor lain yang banyak mempengaruhi pada daerah ini adalah kelerengan dan kondisi tanah. Kelerengan pada daerah ini didominasi oleh daerah dengan kelerengan 20° hingga 50°.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan analisis laboratorium terdapat dua jenis tanah penyusun yaitu tanah lanau dan tuf pasiran, yang merupakan endapan piroklastik yang tidak terkonsolidasi dengan baik. Kedua jenis tanah ini merupakan tanah yang berpotensi longsor ketika musim hujan. Dari beberapa lokasi tebing longsor menunjukkan zona lapukan cukup tebal. Hasil pemboran juga menunjukkan tebal tanah 8m.

Berdasar plot lokasi longsor pada peta geologi, mayoritas lokasi longsor berhubungan dengan struktur geologi berupa sesar. Hasil analisis terdapat hubungan adanya struktur geologi terutama adanya sesar, sangat berpengaruh terhadap terjadinya gerakan tanah. Mayoritas lokasi gerakan tanah berada pada zona sesar maupun zona kelurusan (diduga zona sesar).

Dari hasil survey beberapa lokasi longsor memperlihatkan jenis longSORan translasi tanah dan longSORan bahan rombakan yang dominan berkembang. Lokasi longSOR memiliki kemiringan lereng berkisar antara 20°-50°. Hasil pemodelan stabilitas lereng lokasi longSOR Jemblung dengan TRIGRS menunjukkan nilai angka aman pada beberapa lokasi mengindikasikan rawan longSOR.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrisaldi, T., 2016, Pemetaan Daerah Berpotensi Longsor Di Kecamatan Karangobar, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, *Skripsi*, Teknik Geologi - UGM, Yogyakarta
- Iverson, R.M., 2000, Landslide triggering by rain infiltration, *Water Resources Research*, Vol. 36, 1897-1910.
- Hardiyatmo C.H., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Karnawati., D., 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*, Jurusan Teknik Geologi UGM, Yogyakarta
- Kinasti M.A., 2014, “Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Longsor di Dusun Windusari, Desa Metawana, Kecamatan Pagentan, Kbb. Banjarnegara, Prop. Jawa Tengah”, *Jurnal Ilmiah MTG*, Vol. 7, No. 1, Januari 2014, Yogyakarta
- Kusumayudha, S.B., and 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*, Vol. 2, 51-62
- Miščević, P. and Vlastelica, G., 2014, Impact of Weathering on Slope Stability in Soft Rock Mass, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 6, 240-250
- Muntohar, A.S., Ikhsan, J., and Liao, H.J, 2013, Influence of Rainfall Patterns on the Instability of Slopes. *Civil Engineering Dimension*, Vol. 15(2), 120-128
- Nugroho U.C., Fachrudin, Suwarsono 2014, *Pemetaan Indeks Resiko longsor Menggunakan Citra DEM SRTM di Kecamatan Pejawaran, Banjarnegara*, Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, LAPAN, Jakarta
- Peta Geologi Lembar Banjarnegara – Pekalongan, 1408-4, 1409-1, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- PVMBG 2009, *KajianBahaya Longsor dan Perencanaan*, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung
- Park, D.W., Nikhil, N.V., and Lee, S.R., 2013. Landslide and Debris Flow Susceptibility Zonation using TRIGRS for the 2011 Seoul Landslide Event, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 13, 2833–2849.
- Peraturan Menteri Nomor 22 Tahun 2007, Penataan Kawasan Rawan Bencana Longsor. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta
- Prasetyaningtiyas, G.A. 2016. Pengaruh Kejenuhan Terhadap Stabilitas Lereng Jalan Wanayasa KM.70+350, Karangobar, Banjarnegara. *Tesis*. Teknik Sipil - UGM, Yogyakarta.
- Ward, T. J.; Li, R. M.; Simons, D.B. 1979. Mathematical Modeling Approach for Delineating Landslide Hazards in Watersheds. In: C.D. Humphrey (ed.), *Proceedings of the 17th Annual Engineering Geology and Soils Engineering; 1979 April 4-6*; Moscow, 109-142.