

Karakterisasi Longsor untuk Analisis Kerawanan Bencana Longsor di Baturturu, Kabupaten Gunungkidul

Aditya Pandu Wicaksono¹, Mohammad Abdul Khafid²

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia. ² Progam Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16144, Indonesia

*Koresponden Email: aditya.wicaksono@upnyk.ac.id

Direvisi: 2022-04-25 Diterima: 2022-06-25
©2022 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

Abstrak. Kabupaten Gunungkidul merupakan daerah dengan intensitas bencana longsor cukup tinggi. Bencana longsor terjadi di Dusun Baturturu, Kabupaten Gunungkidul dipengaruhi oleh tingginya intensitas curah hujan yang berdampak pada kerugian material. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik, kerawanan longsor, dan kestabilan lereng sebagai upaya mitigasi bencana untuk meminimalkan risiko bencana. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan spasial kuantitatif berjenjang untuk pengharkatan kerawanan longsor dengan pengambilan sampel menggunakan kaidah purposive sampling. Analisis laboratorium juga digunakan sebagai data analisis kestabilan lereng dengan metode janbu dan fellenius. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe longsor daerah penelitian yaitu Rotational Slide.. Daerah penelitian memiliki 3 kelas kerawanan longsor yaitu rendah (skor 17), sedang (skor 19-22), dan tinggi (skor 24-25). Sedangkan hasil analisis kestabilan lereng pada daerah dengan kerawanan tinggi berada pada level kritis atau potensial untuk terjadi longsor dengan $FK = 0,546$ dengan metode Janbu. Sedangkan metode fellenius di dapatkan hasil masing-masing sebesar 1,821, 1,292, dan 1,768 (level stabil) yang artinya kondisi lereng tersebut masih tergolong aman dari potensi pergerakan tanah.

Kata kunci: longsor, kerawanan, kestabilan lereng

Abstract. Gunungkidul regency is an area with a high landslide intensity. Landslide disaster occurred in Baturturu Hamlet, Gunungkidul Regency affected by the high intensity of rainfall that impacted material losses. The purpose of this study is to find out the characteristics, level of landslide insecurity, and slope stability as a disaster mitigation effort to minimize disaster risk. This study used a tiered quantitative spatial modeling method for the assessment of landslide insights by sampling using purposive sampling rules. Laboratory analysis is also used as slope stability analysis data by janbu and fellenius methods. The results showed that the type of landslide of the research area is a rotational landslide. The research area has 3 classes of landslide insecurity, namely low (score 17), moderate (score 19-22), and high (score 24-25). Meanwhile, the results of the slope stability analysis in areas with high vulnerability are at a critical level or the potential for landslides to occur with $FK = 0.546$ with the Janbu method. Meanwhile, the fellenius method obtained results of 1,821, 1,292, and 1,768 (stable levels) respectively, which means that the condition of the slopes is still relatively safe from potential soil movement.

Keywords: landslides, vulnerability, slope stability

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi dan risiko bencana yang cukup tinggi. Hal ini di karenakan letak secara geografis Indonesia terdapat tiga lempeng aktif yang menyebabkan kondisi geomorfologi bervariasi pada setiap daerah dan berdampak pada cukup tingginya potensi bencana (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2016). Daerah dengan geomorfologi perbukitan yang memiliki kemiringan lereng terjal sampai dengan sangat curam dapat menimbulkan masalah lingkungan terkait dengan bencana longsor akibat dari gravitasi (Souisa dkk., 2018). Kondisi semakin parah dengan banyaknya permbangunan permukiman di daerah perbukitan oleh penduduk yang di akibatkan faktor kurangnya ketersediaan lahan dan tingkat ekonomi yang rendah (Reichenbach dkk., 1998). Pembangunan fisik di atas maupun di bawah lereng tanpa

memperhatikan faktor keselamatan dan kestabilan suatu lereng akan menambah beban pada lereng yang akan berdampak pada meningkatnya potensi terjadinya longsor terutama pada saat musim penghujan (Karnawati, 2005; Cepeda et al., 2010).

Bencana longsor seringkali terjadi pada musim penghujan dengan intensitas curah hujan yang mencapai 70 – 100 mm/hari atau saat terjadi hujan deras dalam waktu yang lama akan menyebabkan struktur pori badab tanah terisi oleh air (Huang, Ju, Liao, & Liu, 2015). Kondisi tubuh tanah yang terisi oleh air menyebabkan daya ikat antar tanah melemah yang berdampak pada timbulnya rekahan pada tanah hingga pada saat titik jenuh tanah tak mampu menahan beban air dan bangunan sewaktu-waktu dapat terjadi longsor (Hardiyatmo, 2012). Dampak yang di

Tabel 1. Penggunaan data primer dalam penelitian

Komponen Lingkungan	Parameter	Sumber Data
Lingkungan Geofisik	Bentuk Medan	Cross check hasil analisis Peta Topografi Skala 1:25.00 bersumber dari Peta RBI kemudian downscaling dengan tambahan data Citra Worldview-2 resolusi 0,5 meter tahun 2020 serta pemetaan langsung.
	Kelerengan (slope)	
	Geometri Lereng	
	Jenis dan ketebalan Tanah Latosol	Pemetaan jenis dan ketebalan tanah.
	Satuan & struktur batuan	Pemetaan terhadap batuan dan kondisi struktur geologi.
	Hidrologi (Air sungai musiman dan mata air)	Pemetaan keterdapatan dan kondisi air permukaan.
	Bencana Alam (Longsor)	Pemetaan lapangan dan wawancara dengan penduduk sekitar daerah penelitian.

(Sumber: Pengolahan data primer, 2020)

Tahapan dalam analisis data meliputi analisis kestabilan lereng, pengharkatan dan arahan pengelolaan. Analisis kestabilan dengan metode Janbu melalui persamaan sebagai berikut:

$$F_f = \frac{\sum(c' + (P - ul) \tan \phi') \sec \alpha}{\sum(W - (X_R - X_L)) \tan \alpha} \quad (\text{Janbu, 1973}) \quad (1)$$

W = Berat total irisan

EL = Gaya irisan secara horisontal di penampang kiri

ER = Gaya irisan secara horisontal di penampang kanan

XL = Gaya irisan secara vertikal pada penampang kiri

XR = Gaya irisan bekerja secara vertikal di penampang kanan

P = Gaya normal

T = Gaya geser dasar irisan

ht = Tinggi rata-rata irisan

hf = Asumsi thrust line

b = Lebar irisan

l = Panjang irisan

Apabila perhitungan FK dilakukan secara manual menggunakan metode fellenius masing-masing kestabilannya. Perhitungan nilai Faktor Keamanan (FK), menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$FK = \frac{c \cdot \sum L + \tan \phi \cdot \sum (W_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \cdot \sin \alpha_i)} \quad (\text{Turangan dkk., 2015}) \quad (2)$$

Keterangan :

F = nilai faktor keamanan n = Jumlah irisan

c = nilai kohesi (kN/m²)

α = sudut dibentuk saat gesek tanah (α)

ui = tekanan air pori (kN/m²)

Wi = berat irisan ke-i (kN)

α_i = sudut dibentuk antara bidang horizontal dengan bidang alas tiap irisan (α)

Setelah nilai faktor keamanan diketahui, maka dapat dibagi ke dalam 3 kelas Keamanan Lereng (F), seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan Lereng

Nilai Faktor Keamanan	Keterangan Data
F < 1.07	Lereng tingkat labil (sering longsor)
1,07 > - F > 1,25	Lereng tingkat kritis (pernah longsor)
F > - 1,25	Lereng stabil (jarang longsor)

(Sumber: Bowles, 1989 dalam Ali, dkk., 2018)

Tabel 3. Pengharkatan Parameter Longsoran

Faktor Pengaruh	Parameter	Skor	
		Max	min
Kondisi Iklim	Intensitas curah hujan	5	1
Kelerengan	Kemiringan (<i>slope</i>)	5	1
Geologi	Pelapukan batuan	5	1
	Tekstur tanah	5	1
Sifat Tanah	Ketebalan	5	1
	Infiltrasi	5	1
Pemanfaatan Lahan	Penggunaan lahan	5	1
	Jumlah	35	7

(Sumber: Dibyossaputro (2002))

Tabel 4. Tingkat kerawanan longsor daerah penelitian

Interval total skor	Kriteria Kerawanan	Kelas
7 - 12	Sangat rendah	1
13 - 18	Rendah	2
19 - 23	Sedang	3
24 - 29	Tinggi	4
30 - 35	Sangat tinggi	5

(Sumber: Dibyossaputro, 2002)

Metode pengharkatan ini digunakan untuk dapat mengetahui tingkat kerawanan longsor dengan 7 parameter yaitu, curah hujan, tektur tanah, ketebalan tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, tingkat pelapukan batuan, dan infiltrasi yang kemudian diolah menggunakan Arcgis 10.2 untuk memperoleh peta kerawanan longsor daerah penelitian. Penilaian akhir dari pengharkatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan interval kelas kerawanan, ditentukan kelas tingkat kerawanan longsor yang disajikan pada Tabel 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tipe dan Karakteristik Longsoran

Analisis tipe dan karakteristik longsor di daerah penelitian dilakukan secara deskriptif berdasarkan Varnest (1978) dalam Ferardi dkk (2018) dengan parameter utama yaitu bagian-bagian longsor yang dipengaruhi faktor pengontrol maupun pemicu dengan penyesuaian kondisi fisik secara langsung. Pergerakan tanah pada daerah penelitian diawali pada saat musim penghujan yang menunjukkan arah pergerakan ke arah selatan dan barat daya, kemudian ditunjukkan dengan adanya badan longsor atau main scrap

dengan arah perpotongan yang cenderung ke arah utara-selatan, sedangkan bagian minor scrap berada di sebelah timur dari main scrap dengan arah potongan juga cenderung ke arah utara-selatan. Kemudian pada bagian utama longsor dan kaki longsor secara umum berada di bagian selatan pada daerah penelitian. Bagian tubuh utama, kaki hingga ujung kaki longsoran relatif berada di bagian timur area. Semakin tinggi intensitas curah hujan membuat pergerakan tanah terus terjadi dan semakin besar yang disebabkan oleh adanya pembebanan pada tumpukan material longsor pada awal pergerakan yang mengalami penjunahan oleh air hujan sehingga daya ikat yang jenuh oleh air sehingga tanah menjadi seperti lumpur dan bergerak menyesuaikan dengan arah kemiringannya. Secara umum pergerakan material secara ekspansif dengan indeks plastisitas yang cukup tinggi yakni sebesar 38% yang tergolong tinggi, hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan tanah bergerak cenderung tinggi. Sedangkan di daerah luar longsor sebesar 27%. Pemodelan 3D longsor berdasarkan kondisi aktual dapat dilihat pada (Gambar 2), dan kenampakan eksisting longsoran lihat pada (Gambar 3).

Berdasarkan hasil kenampakan secara langsung di daerah terlihat bahwa terdapat bidang runtuh gerakan massa tanah dengan pola bidang lengkung dari bagian bentuk bidang keruntuhan massa tanah berupa bidang lengkung dari bagian utara barat dan menjadi bidang planar ke arah se-

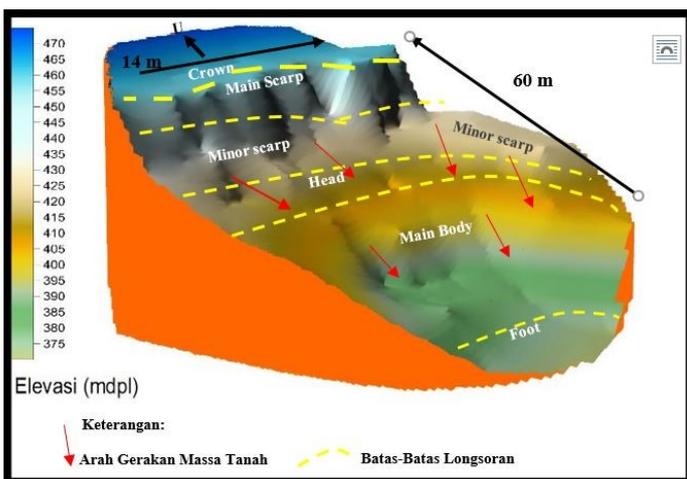
latan pada area longsor. Keterdapatannya bidang lengkung di indikasikan dengan adanya main scrap dengan kemiringan yang terjal rata-rata sebesar 50° dengan kemiringan lebih landai yaitu sebesar 30° . Menurut Anom dkk (2021) bidang lengkungan pada longsor ini dapat disebabkan oleh kondisi bidang gelincir dengan kemiringan lebih kecil dari pada kemiringan lereng, arah kemiringan lereng yang sejajar dengan bidang diskontinuitas, serta gaya pendorong pada batuan yang lebih besar dari pada gaya penahannya.

Secara fisik pada bagian tubuh longsor tidak terlihat mengalami penghancuran yang sempurna dan terlihat adanya perkembangan rayapan pada bagian tubuh longsor yang disertai dengan adanya perkembangan erosi alur yang sebagai akibat dari air limpasan oleh hujan sehingga permukaan tanah mengalami penggerusan. Keberadaan rayapan pada bagian tubuh longsor dapat dilihat pada adanya pohon-pohon yang agak melengkung ke arah longsor. Material penyusun lereng longsor pada daerah penelitian di dominasi oleh tanah dengan material berukuran kasar (ukuran butir $> 2\text{mm}$), ketebalan solum maksimal yang mencapai 2,11 m dan ketebalan bahan rombakan (regolit) lebih dari 2 m dengan kondisi struktur tanah yang relative homogen. Tipe longsor di daerah penelitian berdasarkan bentuk bidang keruntuhan dan material penyusunnya merupakan *Rotational Slide*.

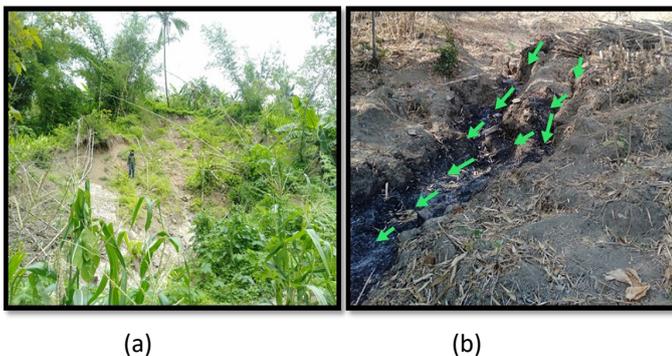
Tingkat Kerawanan Longsor dan Kestabilan Lereng

Analisis tingkat kerawanan longsor pada daerah penelitian di klasifikasikan berdasarkan hasil tumpang tindih peta dengan skala yang sama yakni 1:500 dari ke tujuh parameter utama yang digunakan yaitu kondisi curah hujan (rata-rata tahunan), slope / kemiringan lereng ketebalan solum tanah, tekstur tanah, kapasitas infiltrasi tanah, tingkat pelapukan batuan, dan penggunaan lahan pada daerah penelitian. Hasil dari peta tingkat kerawanan longsor pada daerah dengan kerawanan tinggi kemudian dilakukan analisis kestabilan lereng dari data laboratorium dan perhitungan kestabilan lereng menggunakan pendekatan metode janbu dengan menggunakan perangkat lunak Rocscience slide v6. Berdasarkan hasil analisis tumpang tindih dari 7 parameter di dapatkan hasil 3 kelas pada peta kerawanan longsor skala 1:500 yaitu tingkat rendah (skor 17-18), tingkat sedang (skor 19-22), dan tingkat tinggi (skor 24-25).

Hasil analisis kerawanan menunjukkan bahwa tingkat kerawanan rendah relatif menyebar menempati bagian barat dan sebagian kecil hingga ke bagian utara yang menempati 12% dengan luas area sebesar 8397,316 m². Hasil analisis pengharkatan pada seluruh parameter di dapatkan nilai total sebesar 17 yang di klasifikasikan pada kelas zonasi kerawanan longsor tingkat rendah. Kondisi ini sangat di pengaruhi oleh faktor kemiringan lereng yang datar hingga landai yakni ($0^\circ - 2^\circ$). Kawasan dengan tingkat kerawanan longsor sedang menyebar dari bagian timur hingga barat daya daerah penelitian yang menempati 85% daerah penelitian dengan luas kawasan sebesar 60768,9 m². Area ini berada pada daerah dengan penggunaan lahan tegalan. Menurut Budiarta (2021), ketebalan tanah yang sangat tebal dengan kapasitas infiltrasi yang sangat cepat menjadikan beban lereng menjadi sangat rentan. Sedangkan area dengan kerawanan longsor tinggi tersebar secara tidak merata pada bagian tengah yang menempati 3% daerah



Gambar 2. Pemodelan Secara 3D Longsor di Daerah Penelitian (Sumber: Olahan data 20 Februari 2021, koordinat 458640 mT, 9134760 mU)



Gambar 3. Kenampakan longsor (a) longsor berjenis rotasi, dan (b) kenampakan erosi alur pada tubuh longsor (Sumber: Pengambilan data 11 Januari 2021, koordinat 458660 mT, 9134730 mU)

penelitian dengan luas kawasan sebesar 1625,17 m². Kawasan dengan tingkat kerawanan longsor tinggi sangat dikontrol oleh faktor kemiringan lereng yang sangat terjal (>45°) dengan tingkat pelapukan lanjut dan tanah yang tebal (>1,5 m) sehingga gaya pendorong pada lereng semakin besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Anom dkk (2021) yang mengemukakan bahwa di daerah Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul pada satuan batupasir atau tuffan berdasarkan kondisi geomekanika berpotensi terjadinya longsoran bidang yang diakibatkan yang disebabkan arah penjajaran kemiringan lereng dengan bidang diskontinuitas. Yanuardian dkk (2018) juga menjelaskan bagian batuan penyusun lereng yang mengalami pelapukan akan membuat mineral pengikat berkurang sehingga daya ikat antar butir menghilang dan membentuk rongga pada batuan penyusun. Daerah longsoran dengan satuan tufa di daerah penelitian keberadaan pelapukan dapat ditandai dengan perubahan warna kuning kecoklatan dan adanya rongga pada batuan. Persebaran kelas kerawanan longsor yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil pengujian sifat fisik tanah pada area kerawanan longsor tingkat tinggi di dapatkan hasil kadar air tanah sebesar 23,249%, berat volume tanah sebesar 1,336 gr/cc, batas cair tanah (LL) sebesar 69 %, dan batas plastis tanah (PL) sebesar 38% (lihat Tabel 5). Analisis kestabilan di lakukan dengan metode Janbu yang di sederhanakan untuk mengetahui nilai Faktor Keamanan lereng dengan bantuan perangkat lunak Rockscience slide v6. Hasil analisis kestabilan lereng didapatkan kondisi lereng pada bidang gelincir gerakan slide rotational mencapai level lereng labil. Hal ini dapat di pengaruhi oleh faktor kemiringan lereng yang mencapai 45o sehingga gaya pendorong semakin besar.

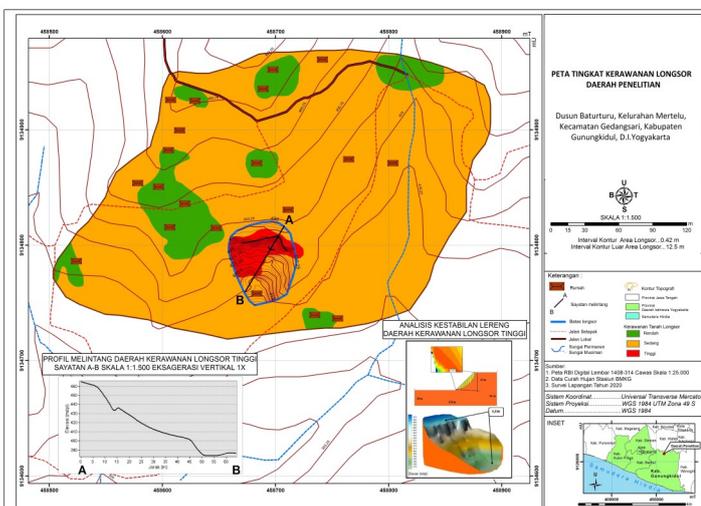
Kondisi lereng mempunyai kandungan air pada tanah sebesar 23,249% Curah hujan pada area tersebut masuk dalam kategori agak besar menurut Dibyossaputro (2002), yaitu 2050,7 mm/tahun menjadi faktor pemicu alami terjadinya ketidakstabilan suatu lereng. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode fellenius dilakukan dengan membuat 3 sayatan pada lereng, kemudian dilakukan perhitungan mencari nilai Faktor Keamanan lereng. Hasil perhitungan kestabilan lereng menunjukkan pada sayatan A-B, sayatan C-D, dan sayatan E-F menunjukkan nilai keamanan lereng masing-masing sebesar 1,821, 1,292, dan 1,768 (lihat

pada Gambar 5). Nilai faktor keamanan lereng lebih besar dikarenakan telah di sesuaikan dengan kondisi penampang profil sehingga akan lebih merepresentasikan kondisi tingkat kestabilan lereng. Namun arahan mitigasi tetap perlu dilakukan dikarenakan daerah penelitian didominasi kerawanan sedang yang artinya potensi untuk terjadinya bencana longsor kembali masih besar.

Arahan Mitigasi Bencana

Pembuatan peta jalur evakuasi merupakan salah satu langkah mitigasi bencana dalam rangka mengurangi risiko saat bencana berlangsung dikarenakan hampir setiap musim penghujan daerah Baturturu sering terjadi longsor yang menutup akses jalan lokal. Peta jalur evakuasi di buat berdasarkan Undang-Undang No. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, dengan kriteria yaitu mempunyai aksesibilitas langsung ke jalan atau ruang terbuka yang aman dengan penanda yang jelas, penerangan yang cukup, dan terbebas dari material yang mudah terbakar atau benda yang dapat membahayakan. Kondisi di lokasi bekas longsoran terdapat jalan setapak kecil yang tidak dapat di gunakan sebagai jalur evakuasi dengan lebar hanya sekitar 30-50 cm dengan kondisi kemiringan lereng yang terjal. Pemukiman di bagian selatan (zona kerawanan tinggi) dapat berjalan kaki ke arah utara menuju titik kumpul sementara apabila terdapat tanda-tanda akan terjadinya longsoran dengan waktu tempuh 4-7 menit dan dapat dilanjutkan menuju titik kumpul akhir. Sementara itu, pemukiman yang berada di bagian barat dapat menyelamatkan diri ke titik kumpul sementara dengan berjalan kaki ke timur, kemudian belok ke utara dengan waktu tempuh 6-10 menit (lihat Gambar 6). Jarak titik kumpul akhir dengan puskesmas pembantu kurang lebih 1 km yang dapat di capai dengan waktu tempuh 10-15 menit dengan jalan kaki atau 7-10 menit menggunakan kendaraan bermotor. Peta jalur evakuasi bencana dapat dilihat pada (Gambar 7).

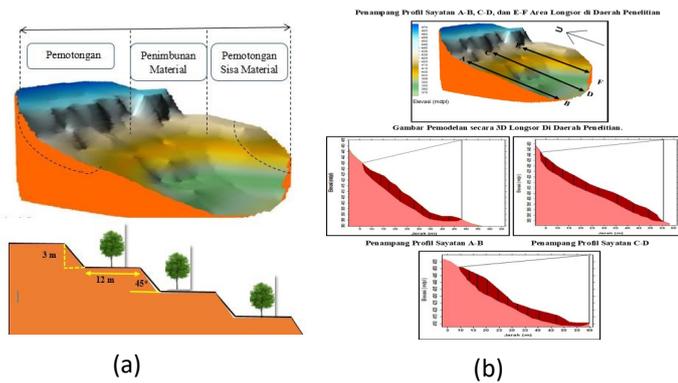
Upaya kesiapsiagaan dalam rangka manajemen risiko bencana untuk dengan keterlibatan aktif masyarakat dapat diwujudkan secara nyata dalam bentuk bentuk tim siaga bencana atau kelompok siaga bencana. Tujuan dari pembentukan kelompok siaga bencana ini adalah sebagai koordinasi penanganan aspek manajemen bencana, penghubung antara masyarakat dan pemerintah, serta pemantauan sistem peringatan dini. Kelompok Siaga Bencana (KSB) ini dapat terdiri dari Penasihat, Ketua, Sekretaris, Bendahara, Divisi Logistik, Divisi Keamanan, Divisi Evakuasi, dan Divisi Konsumsi atau Dapur dengan personil atau anggota warga RT 1,2,3 di daerah penelitian. Upaya sosialisasi juga dilakukan untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat di daerah penelitian tentang potensi bahaya bencana longsor, faktor pengontrol maupun pemicu dan sistem teknologi peringatan dini bencana tanah longsor. Upaya untuk meningkatkan tingkat pengetahuan masyarakat untuk lebih peduli terhadap upaya kesiapsiagaan bencana untuk meminimalkan risiko dapat diwujudkan melalui pendekatan sosialisasi untuk mengurangi risiko saat terjadi bencana tanah longsor (Pahleviannur, 2019). Upaya sosialisasi harus di hadiri oleh berbagai komponen elemen masyarakat yang meliputi Kepala Desa Mertelu, Kepala Dusun Baturturu, Ketua Badan Pemberdayaan Desa (BPD) Mertelu, Ketua Kelompok Siaga Bencana (KSB) Dusun Baturturu Baturturu, Ketua Karang Taruna Desa Baturturu, Kepala



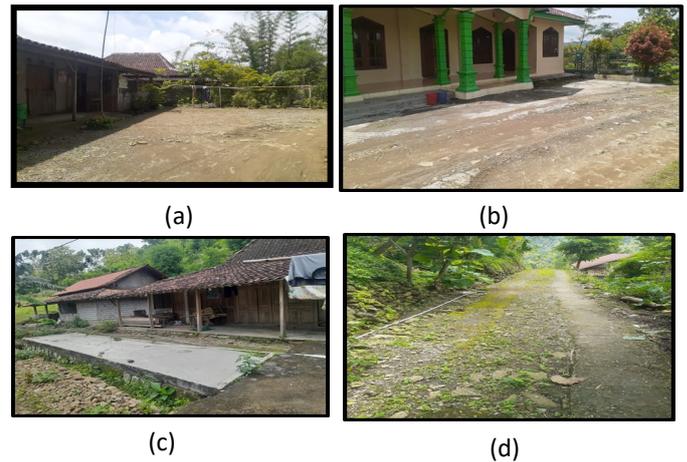
Gambar 4. Peta tingkat kerawanan longsor daerah penelitian (Sumber: Olahan data, 2021)

Tabel 5. Analisis kestabilan lereng bidang gelincir rotational slide

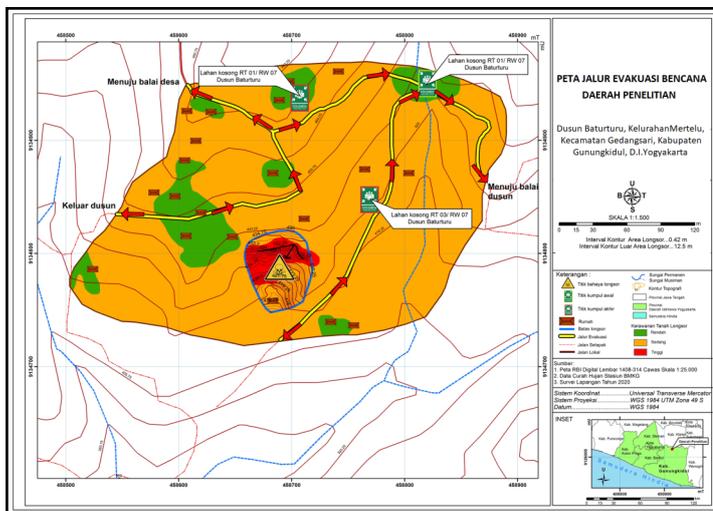
Material Bidang Gelincir	Geometri Lereng	Fisik Tanah	Mekanik Tanah	Kedalaman	Faktor Keamanan
Tuff	Tinggi lereng = (445 mdpl-412 mdpl) 33 m	Bobot isi γ = 13,072 kN/m ³	Kohesi c = 30 kN/m ²		
	Panjang lereng = 64 m	Kadar Air = 23,249%	Sudut Geser Dalam = 43°	Dangkal (<5m)	0,546 (F < 1,07)
	Kemiringan lereng keseluruhan = 45°				Lereng Labil



Gambar 5. Analisis 3D kestabilan lereng longoran (a) pendekatan janbu, dan (b) pendekatan fellenius (Sumber: Olahan studio 25 Februari 2021, koordinat 458630 mT, 9134770 mU)



Gambar 6. (a) titik kumpul akhir, (b) titik kumpul 1, (c) titik kumpul 2, dan (d) akses jalan untuk evakuasi (Sumber: Foto Pribadi pada koordinat 458700 mT, 9134950 Mu, 2021)



Gambar 7. Peta jalur evakuasi bencana daerah penelitian (Sumber: Olahan studio, 2021)

Puskesmas Gedangsari, Ketua RW, dan BPBD Kabupaten Gunungkidul. Materi yang di sampaikan dalam kegiatan sosialisasi tersebut yaitu potensi bahaya longsor, faktor pengontrol dan pemicunya, dan sistem peringatan dini bencana longsor.

KESIMPULAN

Karakteristik longoran di daerah penelitian berjenis Rotational Slide dengan bidang keruntuhan longsor membentuk pola bidang lengkung. Kerawanan longsor di daerah penelitian menunjukan wilayahnya didominasi oleh tingkat kerawanan sedang dan sebagian terdapat zona kerawanan tinggi pada daerah bekas longoran. Analisis kestabilan ler-

eng dengan pendekatan metode janbu yang di sederhanakan menghasilkan nilai faktor kermanan lereng sebesar 0,546. Sedangkan analisis dengan metode fellenius didapatkan nilai faktor keamanan lereng dengan rata-rata sebesar 1,629 (lereng stabil). Tindakan mitigasi yang dapat dilaksanakan meliputi, pembuatan jalur evakuasi, sosialisasi, dan pembentukan Kelompok Siaga Bencana (KSB) serta kerjasama dengan institusi pemerintah setempat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang mendalam kepada Stasiun Klimatologi Mlati, Sleman, BIG, Jurusan Teknik Lingkungan, dan LPPM UPN Veteran Yogyakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui dana hibah dengan SK Pendanaan B/71/UN62.21/KL.00/2020.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama melakukan analisis data, pengumpulan data, dan evaluasi intepretasi hasil mendisain metode penelitian, analisis data, dan membuat naskah publikasi; Penulis Kedua mendisain metode penelitian, perijinan lapangan dan pengambilan data serta membuat naskah publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Aleotti, P. (2004). A Warning System for Rainfall-induced Shallow Failures. *Engineering Geology*, 73(3-4), 247-265. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.01.007>
 Ali, R. K., Najib, N dan Nasrudin, A. (2018). Analisis Peningkatan

- Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir Dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati. *PROMINE*, 5(1). <https://doi.org/10.33019/promine.v5i1.113>
- Amin, N. (2017). Kajian Resiko Dan Mitigasi Bencana Longsorlahan Di Kecamatan Ngilipar, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Enesia Publika*, 1(2), 28–50. Retrieved from https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_Enesia_Publika/article/view/342/307
- Anom, T. N., Rahmadanti, T., Pratiwi, D., Yudha, B. A. S dan Kristanto, W. A. D. (2021). Analisis Potensi Jenis Longsor Berdasarkan Karakteristik Geomekanika Batuan di Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan (JILK)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.31315/jilk.v3i1.3511>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2016). Risiko Bencana Indonesia. Retrieved from inarisk.bnpb.go.id website: [https://inarisk.bnpb.go.id/pdf/Buku RBI_Final_low.pdf](https://inarisk.bnpb.go.id/pdf/Buku_RBI_Final_low.pdf)
- Bowles, J.E (1989). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Erlangga. Jakarta.
- Budianta, W. (2021). Pemetaan Kawasan Rawan Tanah Longsor di Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 6(2), 68. <https://doi.org/10.22146/jpkm.45637>
- Cepeda, J., Höeg, K dan Nadim, F. (2010). Landslide-triggering Rainfall Thresholds: A Conceptual Framework. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 43(1), 69–84. <https://doi.org/10.1144/1470-9236/08-066>
- Chowdhury, R dan Plentje, P. (2014). Mitigation of Landslide Impacts, Strategies and Challenges for the 21st Century. *International Journal of Landslide and Environment*, 2(1), 1–13.
- Dibyossaputro, S. (2002). Longsor Lahan di Daerah Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 16(2).
- Ferardi, F. D., Wilopo, W dan Fathani, T. F. (2018). Rainfall Thresholds for Landslide Prediction in Loano Subdistrict, Purworejo District Central Java Province. *Journal of Applied Geology*, 3(1), 23. <https://doi.org/10.22146/jag.40001>
- Hardiyatmo, H. . (2012). *Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Hidayah, S dan Yohan, R. . (2011). *Program Analisis Stabilitas Lereng (Slope Stability Analysis Program)*. Universitas Diponegoro.
- Huang, J., Ju, N. P., Liao, Y. J dan Liu, D. D. (2015). Determination of Rainfall Thresholds for Shallow Landslides by a Probabilistic and Empirical Method. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(12), 2715–2723. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-2715-2015>
- Janbu, N. (1973). *Slope stability computations. in: Embankment–Dam engineering (edited by Hirschfeld, R. C. and Poulos, S. J.)*. New York: John Wiley and Sons.
- Karnawati, D. (2005). *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Kazeev, A dan Postoev, G. (2017). Landslide Investigations in Russia and The Former USSR. *Natural Hazards*, 88(S1), 81–101. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2688-z>
- Pramudianti, E dan Hadmoko, D. . (2013). Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Model Deterministik untuk Zonasi Rawan Longsor Lahan di Sub-DAS Gintung, Kab. Purworejo. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 429–436.
- Reichenbach, P., Cardinali, M., De Vita, P dan Guzzetti, F. (1998). Regional Hydrological Thresholds for Landslides and Floods in The Tiber River Basin (central Italy). *Environmental Geology*, 35 (2–3), 146–159. <https://doi.org/10.1007/s002540050301>
- Rosone, M., Ziccarelli, M., Ferrari, A dan Farulla, C. A. (2018). On the Reactivation of A Large Landslide Induced by Rainfall in Highly Fissured Clays. *Engineering Geology*, 235, 20–38. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.01.016>
- Souisa, M., Hendrajaya, L dan Handayani, G. (2018). Analisis Bidang Longsor Menggunakan Pendekatan Terpadu Geolistrik, Geoteknik Dan Geokomputer di Negeri Lima Ambon. *INDONESIAN JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.13057/ijap.v8i1.15482>
- Turangan, V., Turangan, A. dan Monintia, S. (2015). Analisa Kestabilan Lereng Metode Slice (Metode Janbu) (Studi Kasus: Jalan Manado By Pass I). *TEKNO*, 13(62).
- Varnes, D. J (1978), Slope Movement Type and Processes, Special Report 176; Landslide; Analisis and Control, Eds: R. L. Schuster dan R. J. Krizek, Transport Research Board, National Research Council, Washington, D. C, 11-23. <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr176/176-002.pdf>
- Yanuardian, A. R., Indrawan, I. G. B dan Warmada, I. W. (2018). Analisis Kestabilan Lereng Di Desa Terbah dan Sekitarnya, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul Berdasarkan Slope Stability Probability Classification. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 28(1), 101. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2018.v28.745>