

Evaluasi dan Pengelolaan Lereng Bekas Tambang Sirtu di Dusun Dompok, Desa Dompok, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah

Sekar Tyasing Wicaksono¹⁾, Wisnu Aji Dwi Kristanto^{2a)}, Suharwanto³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283
^{a)}Corresponding author: wisnu.aji@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Gunung Merapi merupakan salah satu gunungapi aktif di Indonesia. Ketika Gunung Merapi mengalami erupsi akan menghasilkan material vulkanik yang dapat bermanfaat bagi warga sekitar. Salah satu cara masyarakat memanfaatkan material tersebut dengan melakukan penambangan pasir dan batu seperti yang berlangsung di Dusun Dompok. Salah satu lahan bekas tambang yang dijumpai di Dusun Dompok sangat bersinggungan langsung dengan permukiman warga. Sehingga, perlu adanya suatu evaluasi untuk mengetahui kondisi eksisting lereng bekas tambang dan faktor keamanan. Metode yang adalah metode kuantitatif dan kualitatif. Metode pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan survei dan pemetaan lapangan serta uji laboratorium. Metode sampling dilakukan dengan menggunakan *purposive sampling* dengan pengambilan sampel tanah berdasarkan spesifikasi ASTM D-1587. Sedangkan untuk pengujian ukuran butir dan porositas menggunakan sampel tanah terganggu. Metode analisis yang dilakukan menggunakan metode Janbu yang disederhanakan dan analisis deskriptif berdasarkan Kepmen No. 1827 K/30/2018 dan Klasifikasi Faktor Keamanan Bowles, 1989. Berdasarkan pengujian laboratorium diperoleh nilai berat isi berat isi 1,19 gr/cm³, kadar air 50%, kohesi 5 kN/m², dan sudut geser 15° pada lereng timur. Sedangkan pada lereng selatan memiliki nilai berat isi 1,62 gr/cm³, kadar air 12%, kohesi 4 kN/m², dan sudut geser 22°. Berdasarkan perhitungan faktor keamanan diperoleh nilai faktor keamanan nilai faktor keamanan 1,058 pada lereng timur dan 0,333 pada lereng selatan. Arahan pengelolaan yang dilakukan adalah dengan melakukan rekayasa geometri, penanaman vegetasi, dan pendekatan sosial.

Kata kunci: Kestabilan Lereng, Nilai Faktor Keamanan, Metode Janbu yang disederhanakan

ABSTRACT

Mount Merapi is one of the active volcanoes in Indonesia. When Mount Merapi has an eruption it will produce volcanic material which can be used by local people, for example by mining sand and stone as happened in Dompok Hamlet. One of the former sand and stone mining that was found in Dompok Hamlet, the existence is in direct contact with residents' settlements. Therefore, there is a need for evaluation to know the existing condition of the former sand and stone mining slope and slope safety factor which will become the basis of management of the former sand and stone mining slope. The research method that has been used in this study are quantitative and qualitative methods. Data collection methods are mapping and survey and also laboratory tests. The soil sampling is based on ASTM D-1587 specification for soil mechanical properties testing and disturbed soil sampling for soil physical properties testing. The analytical methods are Janbu simplified method and descriptive analysis based on Kepmen No. 1827 K/30/2018 and Safety Factor Classification Bowles, 1989. The result show that the value of the bulk density 1,19 gr/cm³, water content 50%, cohesion 5 kN/m², and shear angle of 15° on the eastern slope, while on the south slope it has a bulk density of 1,62 g/cm³, water content 12%, 4 kN/m² cohesion, and a shear angle of 22°. Based on the calculation of the safety factor, the result shows that the safety factor value is 1,058 on the eastern slope and 0,333 on the south slope. The management of slope stability is resloping with geometric engineering, vegetation planting, and social approaches.

Keywords: Slope Stability, Safety Factor, Janbu simplified Method

PENDAHULUAN

Gunung Merapi merupakan salah satu gunungapi aktif di Indonesia yang keberadaannya masih sering terjadi erupsi. Ketika Gunung Merapi mengalami erupsi akan menghasilkan material vulkanik yang dapat menimbulkan kerugian baik berupa material maupun korban jiwa. Namun, material vulkanik tersebut juga membawa dampak positif bagi warga sekitar. Salah satu cara pemanfaatan material vulkanik tersebut adalah dengan melakukan kegiatan penambangan pasir dan batu seperti yang terjadi di Dusun Dompok, Desa Dompok, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah.

Serangkaian kegiatan penambangan tentu akan bersinggungan langsung dengan lingkungan hidup. Desain lereng tambang terbuka menjadi salah satu tantangan utama dalam kegiatan penambangan. Menurut Muntaha (2016), permasalahan utama tambang rakyat adalah berupa tambang terbuka tanpa perencanaan, sehingga banyak dijumpai kerusakan lingkungan dan longsor pada tambang.

Dusun Dompok, Desa Dompok, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu wilayah yang berada di lereng Gunung Merapi yang tentunya memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Karena kondisi alam yang demikian, masyarakat sekitar memanfaatkannya dengan cara melakukan penambangan. Namun, salah satu lahan bekas tambang di Dusun Dompok keberadaannya sangat berdekatan dengan pemukiman warga. Lereng bekas tambang yang berdampingan langsung dengan permukiman warga dikhawatirkan dapat membahayakan penduduk sekitar. Hal tersebut diperkuat dengan ditemukannya runtuh material pada lereng bekas tambang tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya suatu evaluasi kondisi eksisting lereng bekas tambang untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng dan arahan pengelolaan lereng bekas tambang.

METODE

Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang akan dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, survei dan pemetaan lapangan serta metode uji laboratorium. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi yang berhubungan dengan penelitian terdahulu. Survei yang dimaksud pada penelitian kali ini adalah melakukan pengamatan terhadap persebaran flora dan fauna daerah penelitian, sosial ekonomi dan sosial budaya masyarakat, serta pengamatan terhadap ketersediaan fasilitas kesehatan di daerah penelitian. Sedangkan pemetaan lapangan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemetaan topografi, satuan batuan, jenis tanah, serta penggunaan lahan. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah. Parameter pengujian sifat fisik pada penelitian ini adalah berat isi, kadar air, ukuran butir, porositas, dan permeabilitas tanah. Sedangkan parameter sifat mekanik pada penelitian ini adalah sudut gesek dalam dan kohesi.

Sampling

Metode yang digunakan untuk mengambil sampel tanah adalah *purposive sampling*. Pengambilan sampel untuk pengujian sifat mekanik tanah dilakukan pada dua titik, yaitu lereng timur dan lereng selatan. Pengambilan sampel tanah untuk pengujian sifat mekanik tanah menggunakan teknik *Undisturbed Soil Sampling* berdasarkan spesifikasi ASTM D-1587. Sedangkan pengambilan sampel untuk pengujian sifat fisik tanah dilakukan pada 25 titik menggunakan teknik *Disturbed Soil Sampling*.

Analisis

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Metode Janbu yang disederhanakan. Metode Janbu yang disederhanakan dipilih sebagai metode analisis pada penelitian ini sebab Metode Janbu yang disederhanakan dapat digunakan pada permukaan longsor yang *circular* dan *non circular* (Santoso, 2021). Data yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng adalah data geometri lereng, sudut gesek dalam, kohesi, dan berat isi tanah. Analisis data dilakukan dengan pemodelan lereng timur dan lereng barat. Pemodelan tersebut dilakukan menggunakan aplikasi Rocscience Slide. Hasil yang diperoleh dari metode analisis ini adalah nilai faktor keamanan.

Evaluasi Deskriptif

Evaluasi deskriptif dilakukan dengan mengevaluasi data yang telah diperoleh, baik data primer, data sekunder, uji laboratorium, maupun perhitungan hasil metode analisis. Evaluasi deskriptif lereng bekas tambang dilakukan berdasarkan Kepmen No. 1827 K/30/2018 dan Klasifikasi Faktor Keamanan Bowles, 1989. Tujuan dilakukannya evaluasi deskriptif adalah untuk mengetahui kondisi eksisting lereng bekas tambang. Selain itu juga menjadi dasar dalam arahan pengelolaan yang akan dilakukan terhadap kondisi eksisting lereng bekas tambang. Adapun tabel klasifikasi faktor keamanan menurut Kepmen No. 1827 K/30/2018 dan Klasifikasi Faktor Keamanan Bowles, 1989 disajikan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Kriteria Kestabilan Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (<i>Consequences of Failure/ CoF</i>)	Kriteria dapat diterima (<i>Acceptance Criteria</i>)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (Min)	Probabilitas Longsor (<i>Probability of Failure</i>) (maks) PoF (FK≤1)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
Lereng antar jalan	Tinggi	1,2-1,3	1,0	10%
	Rendah	1,2-1,3	1,9	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
Lereng keseluruhan	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Sumber: Kepmen No. 1827 K/30/2018

Tabel 2. Klasifikasi Faktor Keamanan Bowles, 1989

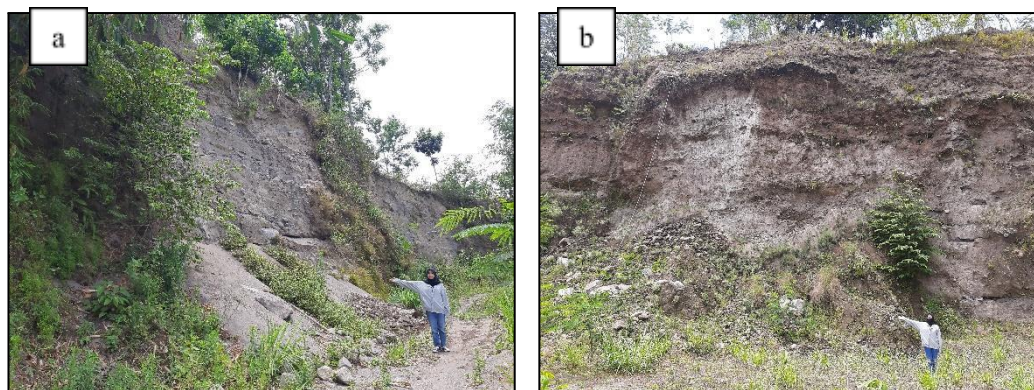
Jenis Lereng	Kondisi Lereng
$FK < 1,07$	Rendah s.d. Tinggi
$1,07 \leq FK \leq 1,25$	Rendah
$FK > 1,25$	Menengah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Lereng Bekas Tambang Pasir dan Batu

Analisis kondisi eksisting lereng bekas tambang pada penelitian ini hanya berfokus pada dua sisi lereng yaitu lereng timur dan lereng selatan. Penentuan analisis lereng tersebut dilakukan berdasarkan pada keadaan lereng yang mana kedua lereng keberadaannya berdekatan dengan pemukiman warga. Asumsi dari penelitian ini adalah ketika lereng bekas tambang yang memiliki kemiringan lereng sangat curam berdekatan langsung dengan permukiman warga maka pada masa yang akan datang dapat berpotensi terjadinya gerakan massa tanah.

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, lereng timur dan lereng selatan telah ditemukan indikasi runtuh material. Hal tersebut diperkirakan terjadi akibat dari intensitas hujan yang tinggi pada daerah penelitian. Tidak ditemukannya saluran irigasi yang baik juga menjadi salah satu penyebab terjadinya keruntuhan material. Ketika hujan terjadi maka air akan langsung diserap tanah dan seiring berjalannya waktu tanah akan menjadi jenuh sehingga tanah akan mengalami pengikisan yang dapat menjadi keruntuhan material. Adapun keruntuhan material tersebut disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Runtuhan Material di a) Lereng Timur dan b) Lereng Selatan

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, batuan penyusun di daerah penelitian merupakan endapan piroklastik. Daerah Klaten umumnya merupakan daerah dengan hamparan endapan fluvial vulkanik Merapi, kecuali di bagian selatan atau di Perbukitan Jiwo (Kristanto, 2021). Endapan piroklastik yang ditemukan pada lereng barat terdiri atas endapan aluvial, laharik, dan piroklas. Sedangkan tanah penyusun di daerah penelitian terdiri atas pasir bersih, pasir dengan butiran halus, dan kerikil. Pasir bersih merupakan pasir dengan komposisi butir halus < 5% pada sampel tanah yang diujikan. Sedangkan pasir dengan butir hasil merupakan pasir dengan komposisi butir halus > 12% pada sampel tanah yang diujikan. Pengklasifikasian jenis tanah pada penelitian ini mengacu pada *Unified Soil Classification System (USCS)*.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Parameter	Lereng Timur	Lereng Selatan
Berat isi tanah (g/cm^3)*	1,19	1,62
Berat isi tanah kering (g/cm^3)*	0,79	1,44
Kadar air (%)*	50	12
Porositas (%)	35	
Permeabilitas (m/s)**	0,000034	

Sumber:

*Laboratorium Geoteknik dan Hidrologi Jurusan Teknik Geologi,

** Laboratorium Balai Teknik Sabo

Tabel 3 merupakan tabel hasil pengujian sifat fisik tanah. Pengambilan sampel tanah untuk pengujian parameter berat isi, kadar air, dan permeabilitas hanya dilakukan pada satu titik sampel. Hal tersebut disebabkan adanya keterbatasan alat dan faktor keselamatan pada saat pengambilan sampel tanah. Sedangkan pengambilan sampel tanah untuk pengujian porositas dilakukan pada 25 titik sampel. Berdasarkan data hasil pengujian lab diperoleh data yang cenderung variatif. Hal tersebut disebabkan kondisi material pada daerah penelitian yang masih berupa endapan piroklastik. Endapan piroklastik memiliki karakteristik yang berbeda antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan yang lain, sehingga data yang diperoleh akan memiliki perbedaan yang cukup bervariasi.

Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas tanah diperoleh nilai 0,000034 m/s. Nilai tersebut jika dikaitkan dengan klasifikasi Umland dan O'Neil tahun 1951, kondisi permeabilitas tanah di daerah penelitian termasuk dalam tingkat permeabilitas cepat. Kemudian untuk pengukuran porositas tanah diperoleh nilai rerata sebesar 35%. Berdasarkan klasifikasi kelas porositas, daerah penelitian termasuk dalam porositas jelek. Porositas dan permeabilitas tanah pada daerah penelitian memiliki hubungan yang saling terkait, sebab daerah penelitian memang didominasi oleh material pasir yang mana pasir sendiri memiliki tingkat porositas dan permeabilitas yang tinggi, atau dengan kata lain dalam penelitian ini memiliki tingkat permeabilitas yang cepat dan porositas yang jelek.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Parameter	Lereng Timur	Lereng Selatan
Kohesi (kN/m ²)	5	4
Sudut geser (°)	15	22
Kuat geser (kPa)	10,251	11,918

Sumber:

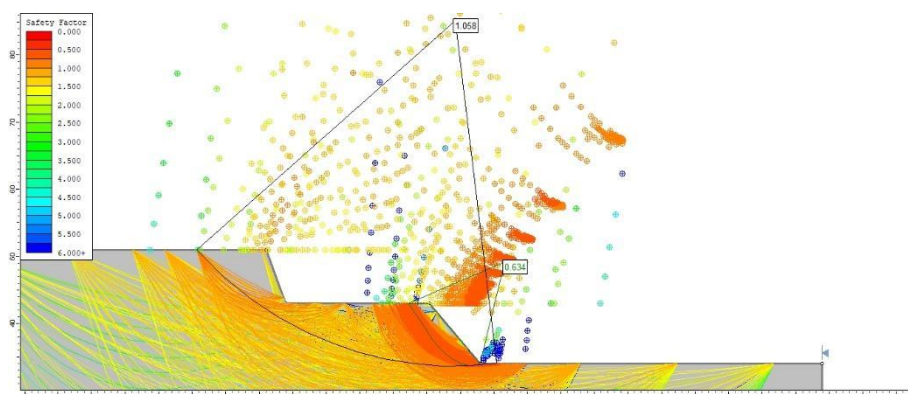
Laboratorium Geoteknik dan Hidrologi Jurusan Teknik Geologi,
UPN "Veteran" Yogyakarta

Tabel 4 merupakan tabel hasil pengujian sifat mekanik tanah. Berdasarkan hasil pengujian, masing-masing parameter memiliki hasil yang beragam. Menurut Santamarina, 2004 dalam Maulina, 2021 tanah berpasir tidak memiliki kohesi atau mendekati nol. Teori tersebut sesuai dengan hasil pengujian laboratorium pada lereng timur dan lereng selatan dimana nilai kohesi dari masing-masing sampel adalah 5 kN/m² dan 4 kN/m² yang mana angka tersebut relatif mendekati nol. Semakin besar nilai kohesinya, maka semakin besar pula daya ikat antar partikel. Pada jenis tanah pasir, gaya tarik menarik antar partikel cenderung lemah sebab memiliki ukuran antar butir yang relatif sama. Nilai kohesi mempengaruhi nilai kuat gesernya. Semakin besar kohesi maka akan semakin besar kuat gesernya, sebab ketika nilai kohesi besar menandakan bahwa kerapatan antar partikel dan molekul cenderung rapat (kerapatan besar).

Menurut klasifikasi besaran sudut geser dalam tanah Bowles JE, 1989 tingkat kepadatan tanah pada daerah penelitian memiliki tingkat kepadatan yang sangat lepas. Tingkat kepadatan sangat lepas merupakan tanah yang memiliki kondisi sudut geser dalam kurang dari 30°. Kondisi tanah pasir yang memiliki tingkat kepadatan sangat lepas memiliki rongga antar partikel yang tinggi, sehingga potensi untuk terjadi pergerakan material cukup besar. Hal tersebut telah dibuktikan dengan terindikasinya material runtuh pada lereng timur dan selatan.

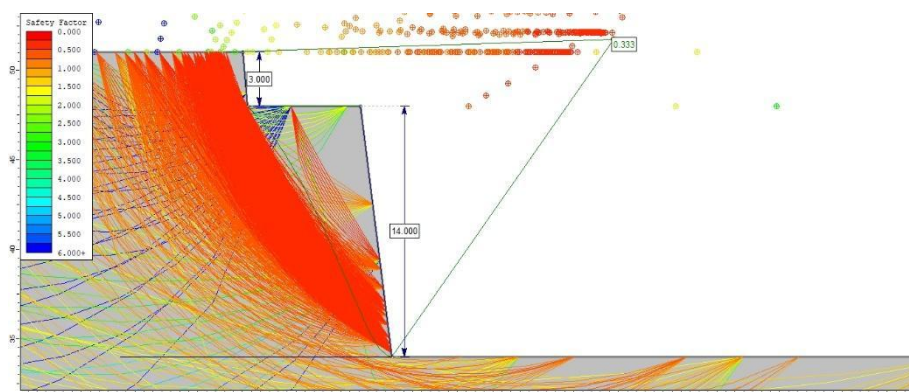
Analisis Tingkat Kestabilan Lereng

Tingkat kestabilan lereng di daerah penelitian merupakan hasil dari perhitungan komputasi dengan pendekatan analisis menggunakan program Rocscience Slide. Data yang digunakan dalam melakukan analisis tersebut adalah berupa data geometri lereng, sudut lereng, berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam. *Material properties* yang digunakan pada saat analisis kestabilan lereng adalah berat isi, kohesi, dan sudut geser yang berasal dari pengujian laboratorium. Adapun metode yang digunakan adalah *Janbu simplified* dengan *surface type non-circular*. Hasil yang diperoleh dari analisis tersebut berupa nilai faktor keamanan.

**Gambar 2.** Hasil Analisis Kestabilan Lereng pada Lereng Keseluruhan Timur

Gambar 2 merupakan hasil analisis kestabilan lereng pada lereng keseluruhan timur. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai 1,058. Angka tersebut jika dikaitkan dengan kedua berdasarkan klasifikasi faktor keamanan Kepmen No. 1827 K/30/2018 dan Bowles, 1989 masih termasuk dalam

lereng tidak stabil. Hal tersebut juga dibuktikan dengan hasil analisis pada lereng tunggal timur yang menunjukkan angka 0,514 pada lereng tunggal atas dan 0,633 pada lereng tunggal bawah.



Gambar 3. Hasil Analisis Kestabilan Lereng pada Lereng Keseluruhan Selatan

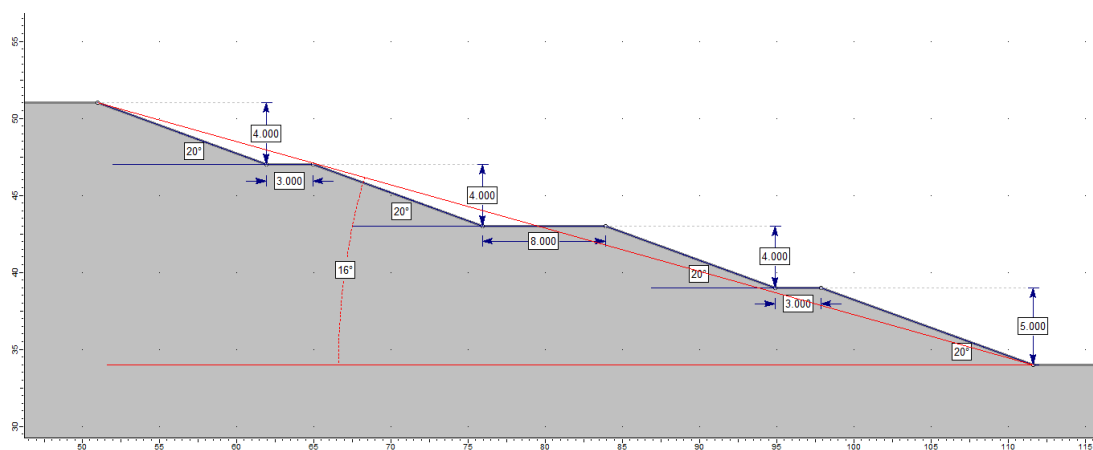
Gambar 3 menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng pada lereng keseluruhan selatan. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai faktor keamanan pada lereng keseluruhan selatan sebesar 0,333. Angka tersebut jika dikaitkan dengan kedua berdasarkan klasifikasi faktor keamanan Kepmen No. 1827 K/30/2018 dan Bowles, 1989 masih jauh dalam kategori aman. Hal tersebut juga dibuktikan dari hasil analisis pada lereng tunggal selatan diperoleh nilai faktor keamanan 0,696 pada lereng tunggal atas dan 0,292 pada lereng tunggal bawah.

Salah satu penyebab ketidakstabilan lereng adalah adanya faktor kekurangan data yang diambil. Pengambilan sampel tanah tidak dilakukan pada setiap lapisan endapan piroklastik yang ada di lereng timur dan selatan. Pada saat dilakukan analisis kestabilan lereng, material penyusun lereng timur dan selatan dianggap homogen. Apabila setiap lapisan endapan piroklastik yang ada di daerah penelitian diuji sifat fisik dan mekaniknya, akan ada kemungkinan nilai faktor keamanan lereng menjadi aman atau sebaliknya, sebab setiap lapisan endapan memiliki sifat dan karakteristiknya masing-masing.

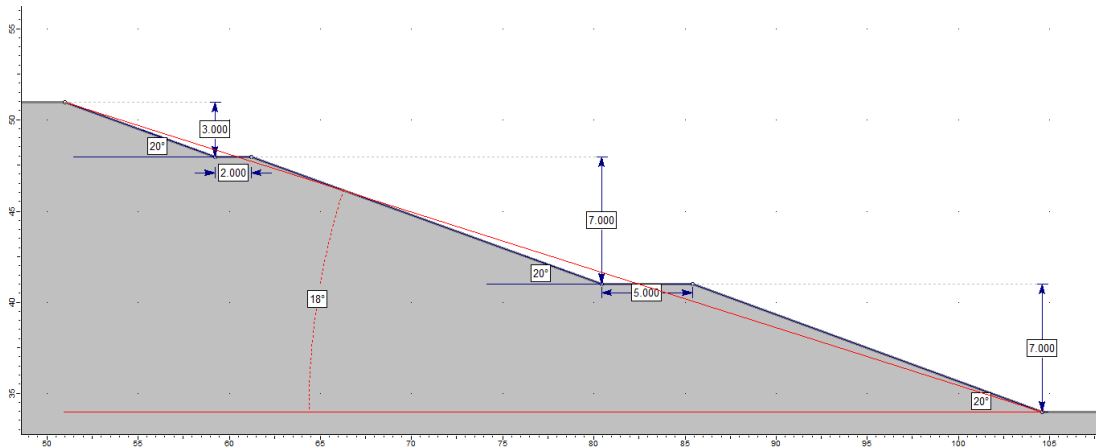
Arahan Pengelolaan

Hasil analisis kestabilan lereng di daerah penelitian menunjukkan bahwa ketiga lereng masih termasuk dalam lereng labil, baik berdasarkan klasifikasi Kepmen No. 1827 K/30/2018 maupun klasifikasi Bowles. Maka dari itu perlu adanya suatu pengelolaan lereng agar lereng di daerah penelitian menjadi lereng yang stabil. Arahan pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perubahan rekayasa lereng, penanaman vegetasi, dan pendekatan sosial.

Perubahan geometri lereng dilakukan pada masing-masing lereng dengan menyesuaikan kondisi lereng tersebut. Adapun yang dimaksud rekayasa geometri yang dimaksud adalah dengan menambahkan jenjang pada kedua lereng dan juga melakukan perubahan sudut lereng. Perubahan geometri lereng disajikan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

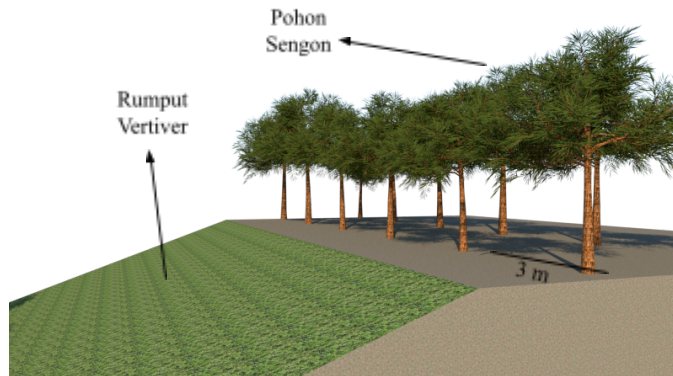


Gambar 4. Rekayasa Geometri Lereng Timur



Gambar 5. Rekayasa Geometri Lereng Selatan

Penanaman vegetasi juga menjadi salah satu arahan pengelolaan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya gerakan massa tanah. Vegetasi yang dapat ditanam pada area sekitar lahan bekas tambang adalah Sengon dan Rumput Vertiver. Sengon dipilih berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan yang mana menunjukkan bahwa Sengon adalah tumbuhan yang dapat di sekitar lahan bekas tambang, begitu pula dengan Rumput Vertiver. Penanaman sengon dilakukan pada tiap *bench* lereng dengan pola monokultur dan jarak antar pohon 3 m x 3 m. Sedangkan rumput vertiver ditanam pada lereng dari tiap jenjang. Ilustrasi penanaman Sengon dan Rumput Vertiver disajikan pada **Gambar 6.**



Gambar 6. Rencana Penanaman Pohon Sengon dan Rumput Vertiver

Selain rekayasa geometri dan penanaman vegetasi, pendekatan sosial juga dapat dilakukan untuk mengurangi terjadinya gerakan massa tanah. Pendekatan sosial yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan pemahaman kepada masyarakat terkait dengan potensi bencana yang dapat terjadi di sekitar lahan bekas tambang. Selain itu juga dapat memberdayakan masyarakat untuk ikut serta melakukan pencegahan gerakan massa tanah dengan melakukan penanaman pohon dan juga memberikan pemahaman untuk tidak melakukan kegiatan pembangunan di sekitar lahan bekas tambang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa kondisi eksisting lereng bekas tambang berupa pasir dengan nilai berat isi 1,19 gr/cm³, kadar air 50%, kohesi 5 kN/m², dan sudut geser 15° pada lereng timur. Sedangkan pada lereng selatan memiliki nilai berat isi 1,62 gr/cm³, kadar air 12%, kohesi 4 kN/m², dan sudut geser 22°. Hasil analisis tingkat kestabilan lereng menunjukkan bahwa kedua lereng termasuk dalam kategori tidak stabil dengan nilai faktor keamanan lereng keseluruhan adalah 1,058 pada lereng timur dan 0,333 pada lereng selatan. Arahan pengelolaan

yang dilakukan adalah dengan melakukan rekayasa geometri, penanaman vegetasi, dan pendekatan sosial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada kepada keluarga besar Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral UPN Veteran Yogyakarta dan teman-teman yang telah memberikan dalam penulisan karya ilmiah ini. Selain itu juga terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan karya tulis ini baik melalui pemberian saran dan bimbingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Crozier, M.J and Glade T., 2004, *Landslide Hazard and Risk : Issues, Concepts and Approach in Landslides Hazard and Risk* Edited by Thomas Glade, Malcolm Anderson and Michael J. Crozier, John Wiley and Sons, pp. 1-35.
- Fathurrozi, F. 2011. *Stabilisasi Lereng untuk Pengendalian Erosi dengan Soil Bioengineering Menggunakan Akar Rumpun Vetiver*. Poros Teknik, 3(2), 69-74.
- Hardiyatmo, H. C. 2014. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haris, Virgo Trisep, Fadrizal Lubis, dan Winayati. (2018). *Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning*. Siklus: Jurnal Teknik Sipil, 4(2), 123-130.
- Karnawati, D. 2007. *Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempabumi; Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik*. Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Volume 7, Nomor 2, Juli 2007: hal 179 – 190. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kristanto, Wisnu Aji Dwi, Agustiyar, Fandika, Damayanti, Ayu, dan Sari, V. C. E. (2021). *Karakteristik Geologi Teknik Desa Katekan, Kecamatan Gantiwarno, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah*. KURVATEK, 6(2), 183-192.
- Maulina, Chatherine Grace, Dian Sisingsih, dan Andre Primantyo Hendrawan. (2021). *Evaluasi Pengaruh Sifat Mikro-Fisik dan Bentuk Butiran terhadap Karakteristik Kuat Geser pada Pasir Vulkanik dan Pasir Pantai*. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 1(2), 584-597.
- Sasminto, Retno Ayu, dan Alexander Tunggul. 2014. *Analisis Spasial Penentuan Iklim Menurut Klasifikasi Schmidt-Ferguson dan Oldeman di Kabupaten Ponorogo*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 1(1), 51-56.
- Santoso, Dian Hudawan, Suharwanto, dan Prasetyo, M. T. 2021. *Analisis Kestabilan Lereng dan Pengelolaan Lereng Akibat Penambangan Andesit di Sebagian Kecamatan Bagelan Purworejo*. Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian, 18(1), 46-51.