

IDENTIFIKASI JARAK AMAN TERHADAP LERENG DISPOSAL

Abdul Jalil^{1*}, Risal Gunawan², Eko Wicaksono³, Waterman Sulisyana Bargawa⁴

^{1*, 2, 3, 4} Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK Jl. Ring Road Utara No.104, Ngropoh, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa
Yogyakarta 55283

Telp./Fax. (0274) 486733

(*)Korespondensi: jalil180494@gmail.com

Received : Februari 2023; Accepted: Mei 2023; Published : Mei 2023

Abstract

Initial mining activities need to remove overburden so it is necessary to find a safe and efficient location to avoid areas that still contain economical excavated materials. This disposal or stockpiling must arranged considerably to meet the geotechnical design requirements. Other factors, influenced by economics and safety are very important in planning the disposal site. The purpose of this study is to determine the safe distance to disposal for PE pits based on laboratory tests. The study showed that the optimal disposal values for PE pits were 14° for a slope height of 50 m, 13° for a slope height of 80 m, and 12° for a slope height of 100. The Stability of the slope will be better by reducing the slope angle of the disposal slope. The analysis shows that the safe distance to disposal for PE pits is 45 m slope height with 50 m safety distance, 50 m slope height with 69 m safety distance, and 76 m slope height with 100 m safety distance. The higher the disposal slope, the smaller the slopes formed, and the greater the safety distance if the slope height increases.

Keywords: *disposal, safety distance, slope stability, overburden*

Abstrak

Kegiatan awal penambangan perlu memindahkan tanah penutup atau *overburden* sehingga perlu mencari lokasi yang aman dan efisien sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis, *disposal* atau penimbunan ini harus diatur sedemikian rupa agar timbunan tanah dan batuan berada dalam kondisi stabil, dalam perancangan geoteknik bergantung pada penilaian dan pengalaman yang merancang. Faktor-faktor lain, dipengaruhi oleh ekonomi dan keamanan sangat penting dalam merencanakan tempat *disposal*. tujuan pada penelitian ini menentukan jarak aman terhadap *disposal* untuk *pit* PE berdasarkan uji laboratorium, hasil penelitian dilakukan nilai optimal *disposal* untuk *pit* PE adalah 14° untuk tinggi lereng 50 m, 13° untuk tinggi lereng 80 m, 12° untuk tinggi lereng 100. Kestabilan lereng akan makin baik dengan mengurangi sudut kemiringan dari lereng *disposal*. Analisis tersebut jarak aman terhadap *disposal* untuk *pit* PE yakni tinggi lereng 45 m jarak amannya 50 m, tinggi lereng 69 m jarak amannya 80 m dan tinggi lereng 76 m jarak amannya 100 m. Makin tinggi lereng *disposal* maka *slope* yang dibentuk harus lebih kecil, maka jarak aman akan makin besar jika tinggi lereng bertambah.

Kata kunci: *disposal, jarak aman, kestabilan lereng, overburden*

PENDAHULUAN

Perusahaan pertambangan PT. Priamanaya Energi merupakan salah satu pelaku usaha pertambangan yang melakukan penambangan batubara dengan menggunakan sistem penambangan terbuka (Surface Mining), dengan metode *Open Pit Mining*. Perusahaan ini akan membuka *pit* baru yang masih memiliki izin pertambangan. Pembukaan *pit* baru dilakukan berdasarkan permintaan pasar dan target produksi berdasarkan laporan RKAB.

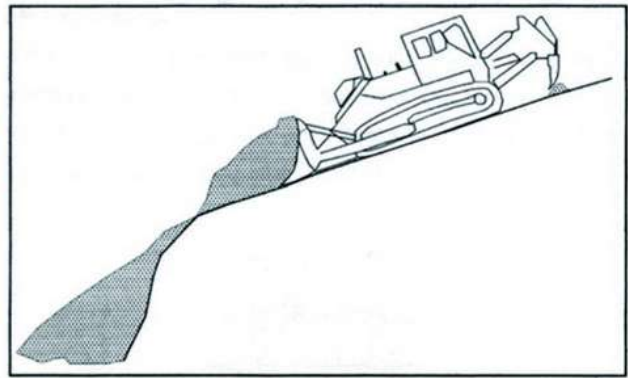
Kegiatan awal penambangannya perlu memindahkan tanah penutup atau *overburden* untuk mencari lokasi yang aman dan efisien sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan

galian yang ekonomis. *Areal* lokasi ini disebut dengan *disposal, disposal* atau penimbunan ini harus diatur sedemikian rupa agar timbunan tanah dan batuan berada dalam kondisi stabil. Selanjutnya, ini adalah pekerjaan sebagai penentu prasyarat, detail, dan model khusus untuk mencapai tujuan dan urutan teknis pengerjaannya. Perancangan geoteknik bergantung pada penilaian dan pengalaman yang merancang. Faktor-faktor lain seperti ekonomi dan keamanan sangat penting dalam merencanakan tempat *disposal, overburden* dan material terkait tambang lainnya dapat dibuang di lokasi pembuangan yang dirancang atau direncanakan khusus untuk tujuan ini. Biasanya, pembuangan

dilakukan di lubang bekas tambang, yang kemudian ditutup dengan lapisan *overburden* untuk membentuk area penghijauan saat lubang sudah penuh. Ketidakamanan rencana desain pembuangan adalah masalah yang perlu ditangani. Hal ini disebabkan beberapa hal, seperti titik lemah yang tertutup lumpur pada dasar *disposal*, banyaknya beban pada titik lemah tersebut, geometri lereng, dan sifat material tanggul yang kurang baik. Kegagalan stabilitas lereng pada lereng *disposal*, yang mengakibatkan longsor atau longsohnya *disposal*, merupakan penyebab umum lain dari kecelakaan kerja di pertambangan. Hal ini karena desain geometrik lereng *disposal* tidak sesuai dengan standar faktor keamanan (FK) yang telah ditetapkan untuk itu perlu di tentukan jarak aman. Jarak aman yakni rentang paling aman untuk mengantisipasi keberadaan aktivitas lain sehingga terhindar dari longsor secara mendadak didaerah *disposal*. Perbandingan antara gaya penahan tanah dengan gaya dorongnya merupakan faktor keamanan yang menentukan apakah suatu lereng stabil, kritis, atau tidak stabil pada bidang longsoan. Dalam menentukan suatu area menjadi *disposal* maka haruslah memenuhi kriteria dan pertimbangan agar lokasi tersebut aman dengan cara dilakukan analisis kestabilan lereng *disposal*. Adapun permasalahan yang ada di daerah penelitian yaitu belum adanya kajian geoteknik tambang pada *pit* baru (*disposal*) sehingga perlu dilakukan analisis. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jarak aman terhadap *disposal* untuk *pit* PE.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari tahap studi literatur, pengambilan data di lapangan dan data laboratorium, pengolahan data menggunakan metode *Finite Element Analysis* telah dilakukan untuk mengidentifikasi risiko gerakan tanah akibat pergeseran material dibawah *disposal*. Penelitian diawali dengan mengumpulkan data-data yang relevan dan mendukung kegiatan penelitian seperti peta lokasi, peta geologi dan topografi, serta laporan hasil penyelidikan geoteknik daerah penelitian, selanjutnya di buat pemodelan berdasarkan hasil laboratorium dan di olah di *software Phase 2*. Pemilihan lokasi *disposal* mempertimbangkan beberapa faktor antara lain adalah topografi permukaan. Area topografi yang sebaiknya dipilih adalah berupa lembah. Pada lokasi dengan permukaan berupa lembah akan dapat menampung *overburden* lebih banyak dan cenderung tidak luas. Permukaan area rencana penempatan *disposal* sebaiknya merupakan dataran yang kering. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar timbunan tidak longsor dikemudian hari karena apabila didirikan pada daerah genangan air yang cukup luas dapat mengakibatkan longsohnya timbunan. Pemilihan lokasi *waste Dump* tergantung pada beberapa faktor yaitu lokasi dan ukuran *pit* sebagai fungsi waktu, topografi, volume *waste rock* sebagai fungsi waktu, batas konsesi pertambangan, jalur penirisan, persyaratan reklamasi, kondisi fondasi dan peralatan penanganan material. Rekayasa geoteknik merupakan aplikasi rekayasa teknologi berbasis bumi dikenal sebagai rekayasa geoteknik.



Gambar 1. *Valley Fill* atau *Crest Dump* (Bargawa,2018)

Karena masalah geoteknik dapat berdampak pada produksi atau mengancam keselamatan pekerja, hal tersebut harus diperhitungkan saat menambang. Karakteristik batuan dan tanah pada lereng tambang berbeda-beda, mempengaruhi stabilitas setiap lereng dengan cara yang berbeda. Geomekanika adalah cabang ilmu geoteknik yang mempelajari bagaimana batuan atau tanah bereaksi terhadap deformasi. Masalah stabilitas lereng tidak dapat dihindari dalam kegiatan penambangan, timbunan batubara, timbunan material lapisan

penutup, dan infrastruktur lainnya seperti jalan, jembatan, dan lereng di sekitar fasilitas penambangan.

Berdasarkan alasan politik, banyak perusahaan menjauhi nama *waste Dump*. Istilah yang lebih populer adalah *waste rock storage area*, *rock piles*, dan lain lain

Jenis *Dump* dibedakan menjadi dua yaitu:

- (1) *Valley fill* atau *crest Dumps*

- (a.) Dapat diterapkan di daerah yang mempunyai topografi curam (Gambar 1.1)
 - (b.) Elevasi puncak (*Dump crest*) ditetapkan pada awal pembuatan *Dump*. Truk membawa muatan ke elevasi ini dan membuang muatan ke lembah di bawahnya. Elevasi *crest* ini dipertahankan sepanjang umur tambang.
 - (c.) *Dump* dibangun berdasarkan *angle of repose*.
 - (d.) *Dumping* akan mulai pada kaki dari *Dump* final sehingga pada awal proyek jarak pengangkutan truk lebih panjang.
- (2) *Terraced Dump* yaitu timbunan yang dirancang ke atas (dalam *lift*).
- (a.) Dapat diterapkan jika topografi tidak begitu curam pada lokasi timbunan.
 - (b.) Timbunan dirancang dari bawah ke atas. Tinggi tiap *lift* biasanya 20-40 m.
 - (c.) *Lift-lift* berikutnya terletak di belakang sehingga sudut keseluruhan (overall slope angle).
- Pemilihan lokasi *waste Dump* tergantung pada beberapa faktor yaitu:
- (a.) Lokasi dan ukuran *pit* sebagai fungsi waktu.
 - (b.) Topografi.
 - (c.) Volume *waste rock* sebagai fungsi waktu.
 - (d.) Batas konsesi pertambangan.
 - (e.) Jalur penirisan yang ada.
 - (f.) Persyaratan reklamasi.
 - (g.) Kondisi fondasi.
 - (h.) Peralatan penangan material.

Selama rancangan detail dapat dipertimbangkan beberapa lokasi yang berbeda untuk perbandingan faktor ekonomik. Secara umum tujuan analisis kestabilan lereng yaitu:

- (a.) Menentukan kondisi kestabilan suatu lereng.
- (b.) Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi.
- (c.) Menentukan tingkat kerawanan lereng terhadap longsoran.
- (d.) Menentukan metode perkuatan atau perbaikan lereng yang sesuai.
- (e.) Merencanakan lereng galian tambang atau *disposal* timbunan yang optimal dan memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan ekonomis.

Metode umum untuk menyatakan tingkat kestabilan lereng tambang adalah dengan menghitung nilai faktor keamanan. Rasio antara gaya penggerak yang menyebabkan lereng meluncur dan gaya penahan yang menjaganya tetap stabil adalah nilai ini. Banyak parameter, seperti geometri lereng, tekanan air pori, sifat geoteknik material, dan gaya eksternal seperti getaran dan beban, memengaruhi stabilitas lereng tambang.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemantapan lereng antara lain lereng tanggul, lereng alami, lereng buatan dan lereng tanggul. Faktor-faktor ini disebut sebagai kekuatan penahan dan pendorong lereng. Perencanaan dan pengoperasian tambang terbuka dan kuari bergantung pada stabilitas lereng. Selain faktor cadangan, teknis, ekonomi, dan lingkungan penambangan, faktor stabilitas lereng harus dipertimbangkan dengan cermat saat membuat rencana tambang.

Rumus faktor keamanan adalah :

$$\text{Faktor Keamanan (FK)} = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \quad (1)$$

$$\text{(FK)} = \frac{cA + W \cos \psi \tan \phi}{W \sin \psi} \quad (2)$$

Rekomendasi geometri lereng didasarkan pada nilai FK aman yang paling minimum, yaitu $FK \geq 1,25$ untuk lereng timbunan dengan material batuan lunak atau tanah penutup. Ada beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng geometri lereng diantaranya aktifitas manusia, struktur geologi dan air tanah. Analisis stabilitas lereng untuk longsoran translasi dan rotasional sering menggunakan metode irisan karena kemudahan penggunaan, keandalan, dan sifatnya yang relatif mudah.

Hubungan regangan tegangan pada lereng diabaikan oleh metode kesetimbangan batas ketika melakukan analisisnya, yang menggunakan kondisi kesetimbangan statis. Menggunakan metode ini geometri permukaan keruntuhan harus diketahui sebelumnya atau ditentukan dengan menggunakan pendekatan ini. Secara umum klasifikasi faktor keamanan terbagi menjadi labil, kritis, dan stabil berdasarkan besaran nilai perhitungan faktor keamanannya (Bowles).

Tabel 1. Klasifikasi Faktor Keamanan

Faktor Keamanan	Kondisi
<1,07	Labil (terjadi longsor)
1,07-1,25	Kritis (dapat terjadi longsor)
>1,25	Stabil (tidak terjadi longsor)

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (<i>Consequences of Failure</i>)/	Kriteria dapat diterima (<i>Acceptance Criteria</i>)
--------------	---	--

CoF)		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (<i>Probability of Failure</i>) (maks) PoF (FK≤1)
Lereng	Rendah s.d.	1,1	Tidak ada	25-50%
	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
Inter-ramp	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
Lereng	Menengah	1,3	1,05	10%
Keseluruhan	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Karena berkaitan dengan besar kecilnya nilai kuat geser dimana keruntuhan pada lereng merupakan peristiwa keruntuhan geser, maka sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah yang mempengaruhi kuat geser merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng. Selain itu, perlu diketahui sifat-sifat batuan atau tanah yang mempengaruhi kuat geser saat menganalisis stabilitas lereng. Faktor keamanan lereng sudah ditetapkan Kementerian Indonesia dalam Kepmen 1827 pada tahun 2018 dapat dilihat pada tabel 2. Kemiringan batuan/ tanah dapat dianalisis menggunakan metode elemen hingga (FEM), yang membagi lereng menjadi sejumlah zona blok kecil. Karena elemen-elemen pada zona yang sudah diperkecil dihubungkan dengan sejumlah titik simpul, maka analisis harus dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan perpindahan pada masing-masing titik simpul kemudian

mengasumsikan bahwa *software* pemodelan kemiringan digunakan untuk mendapatkan nilai SRF. Metode reduksi geser mengasumsikan bahwa nilai SRF dan FK identik untuk kuantitas SRF. Nilai yang diperoleh dari pendekatan FEM digunakan sebagai faktor keamanan pada suatu lereng untuk menentukan nilai faktor keamanan dengan cara menurunkan kuat geser guna menggambarkan keruntuhan lereng tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Justifikasi Parameter Geoteknik Material *Disposal*

Parameter material *disposal* berdasarkan justifikasi terhadap hasil uji laboratorium 15 sampel *disposal* yang diambil dari area tambang yang berdekatan dan memiliki karakteristik *lithology overburden* serupa dengan PE dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji triaksial material *disposal*

Hole ID	from	to	Material	C (kPa)	ϕ (°)
S-GT-02/GTD-14	1.95	2.45	Fill	7.31	16.2
S-GT-02/GTD-14	3.45	4	Fill	12.44	15.84
S-GT-03/GTA-06	1.95	2.45	Fill	8.33	12.24
S-GT-04/GTA-07	1.95	2.45	Fill	14.33	17.31
S-GT-04/GTA-07	3.45	3.95	Fill	17.92	18.54
S-GT-04/GTA-07	4.95	5.45	Fill	3.12	16.5
S-GT-04/GTA-07	7.95	5.45	Fill	5.83	21.64
GTD-01	10.95	11.55	Fill	10.95	37.71
GTD-01	16.55	17.15	Fill	4.95	17.64
GTD-01	23.86	24.46	Fill	4.28	5.42
GTD-01	32.75	33.35	Fill	4.28	3.83
GTD-02	3.4	4	Fill	1.82	28.61
GTD-02	16.98	17.58	Fill	7.59	3.34
GTD-02	24.27	24.87	Fill	3.52	31.53
GTD-02	35.75	36.35	Fill	9.03	22.03

Tabel 4. Parameter geoteknik material *disposal*

Material	Parameter	Means	StdV	Rel. Min	Rel. Max
Fill	γ (kN/m ³)	13.52	2.03	3.592	3.974
	C (kPa)	7.71	4.41	5.893	10.206
	ϕ (°)	17.89	9.42	14.552	19.818

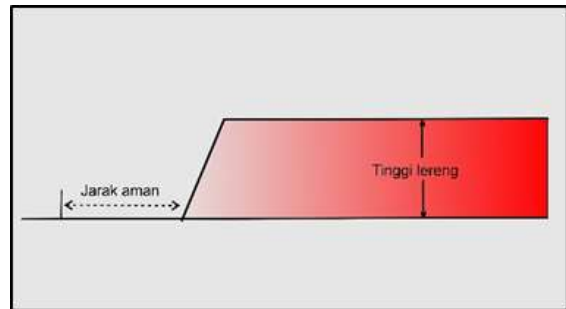
2. Kestabilan Lereng *Disposal*

Simulasi kestabilan lereng untuk memperoleh sudut lereng keseluruhan material *disposal* yang optimal mengacu pada syarat KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 (Tabel 2). Dengan mempertimbangkan faktor ketidakpastian kondisi fisik material *disposal*, maka ditentukan kriteria batas minimum nilai faktor keamanan (FS) 1.3 dan nilai probabilitas kelongsoran (PF) maksimum 20%. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4. Selanjutnya dilakukan simulasi pada tinggi lereng *disposal* dengan tinggi *disposal* 50 m, 80 m dan 100 m dari hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 5. Hasil Analisis Lereng Keseluruhan *Disposal*

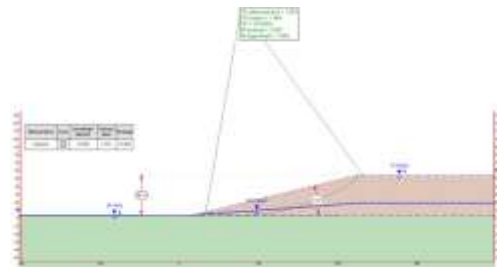
Material	Height (m)	Slope Angle (°)	FS	PF (%)
<i>Disposal</i>	50	18	1.295	30
		16	1.44	23
		14	1.604	18
	80	17	1.257	33
		15	1.448	24
		13	1.653	18
	100	16	1.281	32
		14	1.456	24
		12	1.665	18

Dari hasil analisa diatas dapat dilihat bahwa kestabilan lereng akan makin baik dengan mengurangi sudut kemiringan dari lereng *disposal*. Berikut gambar Iustrasi jarak aman *disposal*.

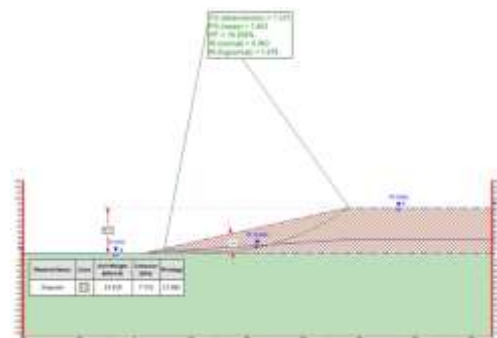


Gambar 2. Iustrasi jarak aman terhadap *disposal*.

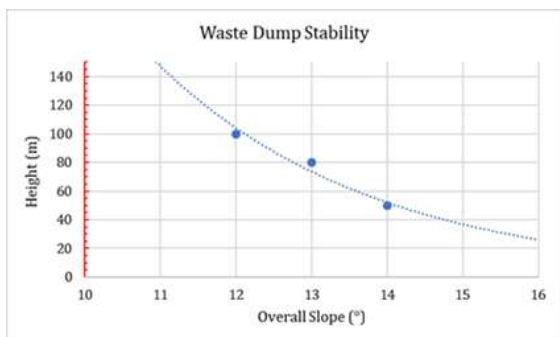
Hasil analisis kestabilan lereng *disposal* pada 50 m, 80 m, dan 100 m dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Analisis Kestabilan Lereng *Disposal* 50 m



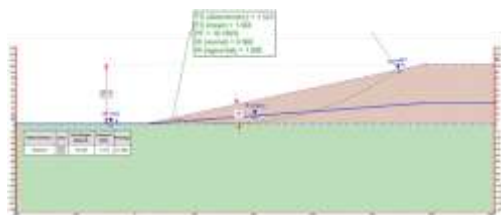
Gambar 3. Analisis Kestabilan Lereng *Disposal* 80 m



Grafik 1. Hasil Analisis Kestabilan Lereng *Disposal*

Berdasarkan hasil analisis tersebut nilai optimal *disposal* untuk *pit* PE adalah:

- a) 14° untuk tinggi lereng 50 m
- b) 13° untuk tinggi lereng 80 m
- c) 12° untuk tinggi lereng 100 m



Gambar 4. Analisis Kestabilan Lereng *Disposal* 100 m

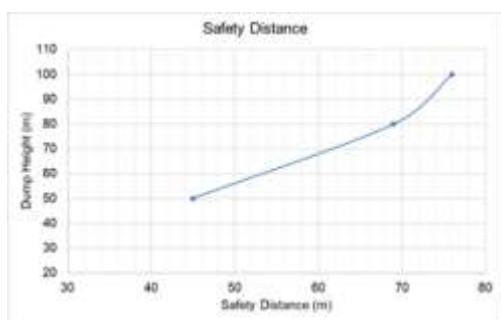
3. Identifikasi Jarak Aman terhadap *Disposal*

Material *disposal* yang terakumulasi dalam *Out-pit Dump* akan berpotensi memberikan beban tambahan terhadap tanah dasar. Simulasi dengan metode *Finite Element Analysis* telah dilakukan untuk mengidentifikasi risiko gerakan tanah akibat pergeseran material dibawah *disposal*.

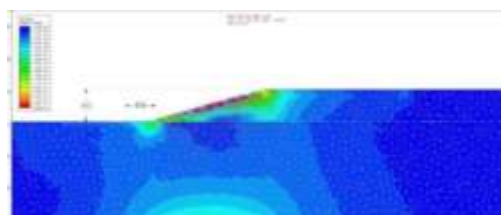
Berikut adalah hasil simulasi jarak aman terhadap lereng *disposal* dengan ketinggian lereng 50 m, 80 m dan 100 m.

Tabel 6. Hasil analisis jarak aman terhadap *disposal*

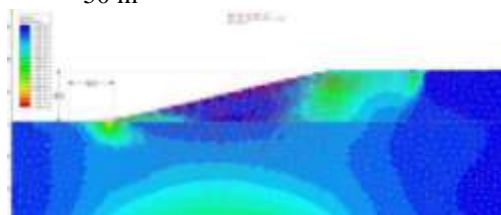
<i>Slope Height</i> (m)	OSA (°)	<i>Safety Distance</i> (m)
50	15	45
80	14	69
100	13	76



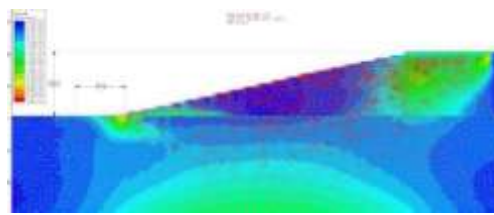
Grafik 2. Hasil analisis jarak aman terhadap *disposal*



Gambar 5. Analisis Jarak Aman terhadap *Disposal* 50 m



Gambar 6. Analisis Jarak Aman terhadap *Disposal* 80 m



Gambar 7. Analisis Jarak Aman terhadap *Disposal* 100 m

Berdasarkan hasil analisis tersebut jarak aman terhadap *disposal* untuk *pit* PE adalah :

- 45 m untuk tinggi lereng 50 m
- 69 m untuk tinggi lereng 80 m
- 76 m untuk tinggi lereng 100 m

Dari hasil analisa, Jarak aman terhadap *disposal* akan dipengaruhi oleh tinggi *disposal* serta berhubungan lurus dengan penurunan *slope* dari lereng *disposal* tersebut. Makin tinggi lereng *disposal* maka *slope* yang dibentuk harus lebih kecil, maka jarak aman akan makin besar jika tinggi lereng bertambah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis maka ditentukan jarak aman terhadap *disposal* untuk *pit* PE adalah :

- a) Pada tinggi lereng 45 m jarak aman terhadap *disposal* 50 m
- b) Pada tinggi lereng 69 m jarak aman terhadap *disposal* 80 m
- c) Pada tinggi lereng 76 m jarak aman terhadap *disposal* 100 m

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan makalah ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya Dosen Magister Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak telah membantu sehingga dapat menyelesaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, I., (2021). *Geoteknik Tambang Edisi Kedua*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Hal 211-275.

Bargawa, W.S., (2018). *Edisi Kedelapan Perencanaan Tambang*, Kilau Book, Yogyakarta, Hal 87-100

Gunawan, R., Nurkhamim., dan Izza F, R., (2021). Overview Metode Perencanaan Pengelolaan Lahan Bekas Penambangan, *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI Tahun 2021*, Hal 345-350.

Gunawan, R., Fadli., dan Nurkhamim., (2021), Rencana Pascatambang Tambang Batubara PT. Tubindo Kabupaten Bulungan Provinsi

- Kalimantan Utara, *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*. Vol. 9, No. 2, Hal 1-9.
- Hardiansyah., (2021), Analisis Kestabilan Lereng *Disposal* pada Area Bekas Tambang di *Pit Diamond* PT. Ceria Nugraha Indotama Desa Ponrewaru Kecamatan Wolo Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara, *Skripsi*, Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Herdianto A, A., dan Heriyadi, B.,(2019), Analisis Rancangan Lereng Area Pembuangan *Pit D* Pada PT. Aman Toebilah Putra Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan, *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 4, No. 2, Hal. 21-30.
- Hidayati, A. M. (2012). Analisa Stabilitas Lereng Pada Campuran Pasir Dan Tanah Lempung Dengan Menggunakan Permodelan di Laboratorium. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, Vol 8 No. 1, Hal 1-10.
- Jalil, A., Nagara, D, B., dan Wicaksono, E., (2022), Kajian dan evaluasi Geoteknik Pada Tambang Terbuka Batubara PT. Dizamtra Powerindo Kecamatan Merapi Barat , Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Barat. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVII Tahun 2022*, Hal 145-153.
- Liu, T., Xu, D., Shi, L., Qu, L., & Ji, K. (2022). Trapezoidal collapse model to calculate the height of the *overburden* collapse zone in coal seam mining: An example from Guo'Jiahe Coal Mine, *Western China. Energy*, 256, 124609. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124609>.
- Loilatu, R., dan Iswandar., (2022), Analisis Kestabilan Lereng Andesit Menggunakan Metode FEM pada PT. X, *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, Vol 2 No 1. Hal 15-24
- Londong, C., Nurhakim., Dwiatmoko, M.U., dan Melati, S., (2016), Perencanaan *Disposal* Perencanaan *Disposal* Pada Pada Tambang Tambang Terbuka Terbuka Batubara, *Jurnal Geosapta*, Vol 02 No. 01. Hal. 49-54.
- Noorchayo,A., Toha.,dan Bochori., (2019), Stabilitas Lereng *Disposal* Serele Selatan di PT. Bumi Merapi Energi, *Jurnal Pertambangan*, Vol 3. No 4. Hal 44-51.
- Republik Indonesia. (2018). *Keputusan Menteri ESDM No 1827 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang baik*. Jakarta: Sekretariat Menteri Energi dan Sumber Daya Minereal.
- Xu, N., Zhang, J., Tian, H., Mei, G., & Ge, Q. (2016). Discrete element modeling of strata and surface movement induced by mining under open-*pit* final *slope*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 88, 61-76. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2016.07.006>
- Yuswanto, A., (2021), Rancangan Lokasi Dan Geometri Lereng *Disposal* Menggunakan Metode Bishop Dan Fellenius Studi Kasus Pada Blok F PT. Jagad Rayatama, *Skripsi*, Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Zhang, L., Chen, Z., Nian, G., Bao, M., & Zhou, Z. (2023), Base friction testing methodology for the deformation of rock masses caused by mining in an open-*pit* *slope*. *Measurement*, 206, 112235.