



Desain Lereng Stabil Dengan Menggunakan Metode Probabilistik Pada *Low Wall Pit Y*, PT. Pamapersada Nusantara Site Kideco, Kalimantan Timur

Ratih Purwaningsih^{1*}, Raden Irvan Sophian¹, Agung Mulyo¹, Tri Firdiansyah²,

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

²PT. Pamapersada Nusantara

*E-mail: rpurwaningsih16@gmail.com

Abstract

Mining activities on open-pit systems have important aspects to be analyzed, one of them is mine slope stability that can be determined by the value of safety factor. This safety factor has random variables that can cause uncertainty. One way to minimize the uncertainty value of FK is using a probabilistic approach, so it can be known Probabilistic of Failure from the slope. The purpose of this research is to know the value of the safety factor, probabilistic failure, and provide a redesign of the appropriate slope criteria for mining activities in the *Low Wall Pit X* area. The method used is the probabilistic method with a random natural density variable then tested according to the Anderson - Darling method. Simulations were performed using Morgenstern-Price method and the Monte-Carlo sampling method. The results of the redesign are carried out on the slopes of the T-T', this redesign is done in two simulation ways that is Cutback and adds a restraint to withstand the burden generated by the driving forces of the slopes.

Keywords: Slope Stability, Probabilistic Method, Natural Density, Anderson-Darling, redesign

Abstrak

Kegiatan penambangan pada sistem tambang terbuka memiliki aspek-aspek yang penting untuk dianalisis, salah satunya yaitu kestabilan lereng tambang yang dapat ditentukan oleh nilai faktor keamanan. Faktor keamanan ini memiliki variabel acak yang dapat menyebabkan ketidakpastian. Salah satu cara untuk memperkecil nilai ketidakpastian dari FK yaitu dengan menggunakan pendekatan probabilistik, sehingga dapat diketahui *Probabilistic of Failure* dari lereng tersebut. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui nilai faktor keamanan dan *probabilistic failure*, dan memberikan re-desain lereng yang sesuai kriteria untuk kegiatan pertambangan pada daerah *Low Wall Pit X*. Metode yang digunakan yaitu metode probabilistik dengan variabel acak *natural density* yang selanjutnya dilakukan uji baiksui dengan metode Anderson - Darling. Simulasi dilakukan dengan metode Morgenstern-Price dan metode sampling Monte-Carlo. Hasil redesain dilakukan pada lereng *section T-T'*, redesain ini dilakukan dengan 2 cara simulasi yaitu *Cutback* dan menambah penahan dikaki agar dapat menahan beban yang dihasilkan oleh gaya-gaya pendorong dari lereng.

Kata Kunci : Kestabilan Lereng, Metode Probabilistik, *Natural Density*, Anderson-Darling, redesain

PENDAHULUAN

Kestabilan lereng merupakan salah satu aspek utama pada kegiatan penambangan, karena berkaitan dengan operasional tambang, serta dapat menyebabkan kerugian lainnya. Penentuan desain geometri lereng juga menentukan keseimbangan antara kemiringan lereng dan keuntungan produksi. Semakin dalam dan curam suatu tambang, maka semakin besar pula resiko yang akan muncul. Maka analisis kestabilan lereng sangat penting untuk dianalisis secara kontinu dan lebih lanjut agar tambang tersebut tetap dalam kondisi aman.

Ketidakstabilan dapat diakibatkan oleh berbagai macam penyebab, baik dari faktor internal maupun eksternal, nilai kestabilan lereng didapatkan dengan memperhitungkan sifat fisik dan mekanik dari material penyusun lereng, elevasi muka air tanah, geometri lereng, dan *seismic load*. Apabila lereng tersebut tidak dalam kondisi setimbang, maka akan terjadi longsor. Dari parameter-parameter tersebut, digunakan untuk mengetahui nilai keamanan dari suatu lereng, dimana nilai faktor keamanan ini memiliki variabel acak yang menyebabkan ketidakpastian. Salah satu cara untuk memperkecil nilai ketidakpastian dari FK yaitu dengan menggunakan pendekatan probabilistik,

Analisis probabilistik dikatakan dapat memperkecil ketidakpastian nilai FK karena memperhitungkan variasi-variasi nilai yang dimiliki setiap variabel acak baik sifat fisik ataupun mekanik dari batuan. Variabel acak diolah dengan sistem statistik dimana akan diketahui tipe distribusi dari

persebaran data tersebut, sehingga kita dapat mengetahui *Probabilistic of Failure*.

Oleh sebab itu, metode probabilistik diperlukan untuk melakukan analisis kestabilan lereng tambang terbuka agar mendapatkan hasil yang lebih akurat dan mendekati kondisi sebenarnya dilapangan.

LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Daerah Samurangau, Kecamatan Batu Kajang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Pengambilan data dilakukan pada *Low Wall Pit X* pada Blok Y pada salah satu tambang batubara milik PT. Kideco Jaya Agung.

METODE PENELITIAN

Tahap Pengumpulan Data

Data penelitian bersumber dari data primer yang langsung didapatkan dari hasil observasi lapangan dan juga data sekunder yang didapatkan dari *database* perusahaan.

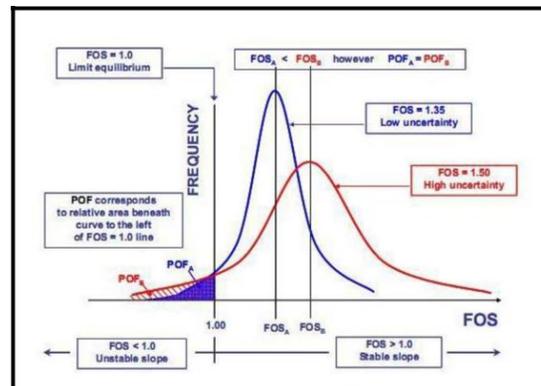
Pengumpulan data primer dilakukan dengan pemetaan geologi dan geoteknik. Pemetaan geologi mencakup *measured section* dan deskripsi batuan pada setiap litologi yang terdapat di *section* tersebut. Sedangkan pemetaan geoteknik mencakup pengklasifikasian massa batuan dengan menggunakan metode *RMR*, *GSI* dan juga *RQD*, pembobotan dilakukan dengan penarikan *scanline* pada *section*.

Data sekunder didapatkan dari *database* perusahaan yang sudah ada, seperti data geometri lereng, data *unit weight*, dan juga data muka air tanah. Yang kemudian dikombinasikan dengan data primer hasil pemetaan untuk membuat pemodelan.

Tahap Pengolahan Data

Tahap awal pengolahan data yaitu membuat geometri lereng yang didapatkan dari pembuatan penampang yang berasal dari data *measured section* pada saat pemetaan geologi. Adapun desain lereng diperoleh dari desain pit yang sudah di desain oleh perusahaan. Tujuan dibuat penampang ini adalah untuk mengetahui kondisi bawah permukaan yang dibuat dengan *software Minescape 5.7*, kemudian membuat *boundary* dari penampang pada AutoCAD 2007 dan selanjutnya *software SLIDE 6.0* yang digunakan untuk pengolahan data dan melakukan simulasi-simulasi.

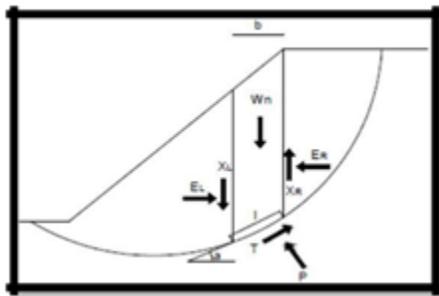
pengolahan data variabel acak berupa unit weight yang diolah menggunakan *software minitab* sehingga dapat diketahui tipe distribusi dan parameter statistik lainnya dari persebaran data tersebut. Analisis probabilistik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan suatu nilai dari faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) dari suatu lereng yang diteliti.



Gambar 1. Konsep Probabilitas Kelongsoran dan Besaran Ketidakpastian

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis probabilistik pada penelitian ini adalah hasil uji GoF berupa jenis fungsi distribusi yang paling sesuai, nilai rata - rata, simpangan baku, nilai relatif minimum, dan nilai relatif maksimum dari kelompok data nilai *Unit weight* pada setiap unit satuan litologi. Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Monte Carlo dengan jumlah 5000 *sample*.

Simulasi kestabilan lereng yang dilakukan pada *software SLIDE 6.0* untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) pada *Low Wall* menggunakan Metode Keseimbangan Batas Morgenstern - Price dengan bidang gelincir jenis *circular*.



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan bidang gelincir metode Morgenstern-Price

Setelah memperoleh nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) pada setiap penampang, dilakukan *redesign* terhadap desain lereng *Low Wall Section Y* yang tidak sesuai kriteria berdasarkan klasifikasi ambang batas nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) pada lereng tambang terbuka yang dikemukakan oleh Stacey (2009) dan Kepmen ESDM No.1827 Tahun 2018.

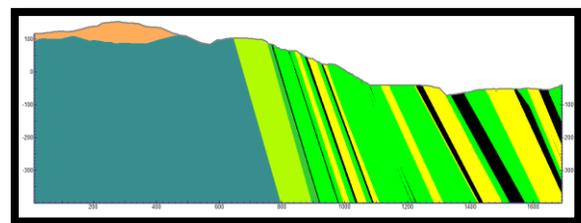
Tabel 1. Kepmen ESDM No.1827 Tahun 2018.

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan tahap lapangan yaitu pemetaan geologi dan pemetaan geoteknik, dilanjutkan dengan tahap analisis. Model yang digunakan berasal dari hasil pemetaan dan data sekunder milik perusahaan. Analisis ini dilakukan pada desain *End of Month* Bulan Januari dan juga desain *Yearly* 2020. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* slide 6.0.

Berdasarkan hasil pemetaan, pada daerah penelitian terbagi menjadi beberapa litologi yaitu Batupasir, Batupasir Hijau, Batulempung, Batulempung Hijau, dan Batubara. Kelima litologi ini diinput beserta *material properties* kedalam *software*. Adapun hasil dari input litologi kedalam *software* sebagai berikut :



Gambar 3. Model geologi dengan litologi hasil dari pemetaan geologi

Pemetaan geoteknik dilapangan terdiri dari pengklasifikasian massa batuan dengan melakukan *RMR* dan *GSI*, serta untuk kuat tekan batuan dilakukan pengujian langsung menggunakan *schmidt hammer* yang diuji sebanyak 20 kali percobaan pada batuan. Untuk analisis, hasil yang diinput kedalam *software* adalah data *GSI* dan *UCS*, karena dalam simulasi menggunakan *strength type* Gen.Hoek Brown untuk litologi Batupasir, Batupasir Hijau, Batulempung, dan Batulempung Hijau. Berikut tabel hasil dari

rekapitulasi setiap litologi pada pemetaan geoteknik.

Tabel 2. Rata-rata Pengukuran RMR, GSI UCS dan RQD di Lapangan

PARAMETER	Batupasir	Batupasir Hijau	Batulempung	Batulempung Hijau
UCS	13.6	11.03	7.08	5.83
RQD	79.92	75	55	42
RMR	63.35	68.73	58.21	56.37
GSI	60	56	53	30

Sedangkan data Kohesi serta sudut geser dalam digunakan untuk *strength type* Mohr Colomb pada material seperti tanah timbunan, *average material* dan batubara. Berikut tabel data sifat fisik dan mekanik material.

Tabel 3. Data Sifat Fisik dan Mekanik

REKAPITULASI			
MATERIAL	DENSTY (kN/m ³)	KOHESI (kN/m ²)	PHI (°)
Batulempung	20.8	133.3	26
Batupasir	23.5	139.9	30.9
Batubara	13.9	106	40.2
Timbunan	19	67.8	8
Average Material	22.13	138.43	27.58

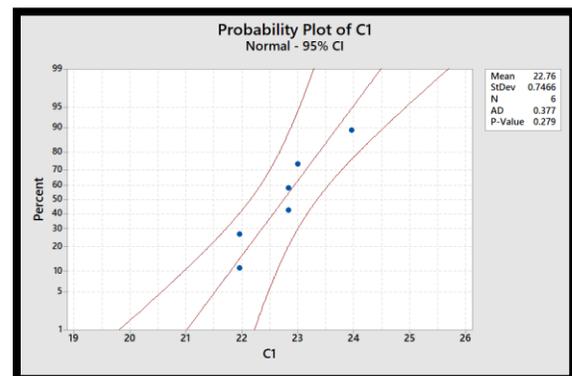
Analisis Probabilistik

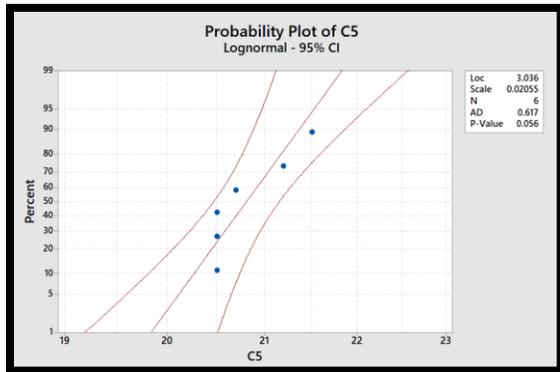
Natural density merupakan variabel acak yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng, yang kemudian akan dilakukan uji GoF. Nilai *natural density* didapatkan dari data uji laboratorium perusahaan yang diambil dari data bor Low Wall Pit X, dan berada di rentang nilai 21.96 – 23.96 kN/m³ untuk batupasir dan 20.5 – 21.5 kN/m³ untuk batulempung.

Tabel 4. Data Unit Weight Low Wall daerah penelitian

Litologi	Unit Weight
Batupasir	22.83
	21.96
	23.96
	23
	21.96
	22.83
Batulempung	20.5
	20.5
	20.5
	21.5
	21.2
	20.7

Setelah dilakukan uji statistik, didapatkan hasil tipe distribusi dari batupasir dan batulempung. Kedua litologi ini memiliki tipe distribusi yang sama yaitu *lognormal distribution*. Hasil uji statistik ini dijadikan parameter masukan di dalam pengkomputasian nilai faktor keamanan. Dengan menggunakan *sampling method* Monte carlo sebanyak 5000 sampling.

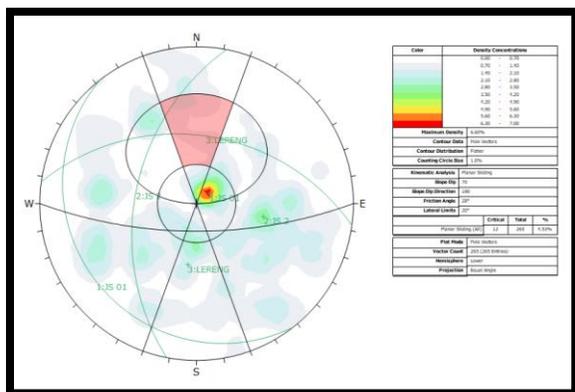




Gambar 4. Hasil uji statistik batulempung dan batupasir

Analisis Kinematik

Analisis kinematik dilakukan dengan pengambilan data diskontinuitas berupa kekar. Pengukuran kekar dilakukan pada tiap litologi yang berapa pada *line section*. Pengolahan data kekar menggunakan aplikasi Dips 6.0. Didapatkan persentase kemungkinan longsor dari lereng dengan memasukkan nilai diskontinuitas, sudut geser dalam, dip lereng, dan *dip direction* lereng. Untuk analisis pada lokasi ini, didapat hasil sebagai berikut.



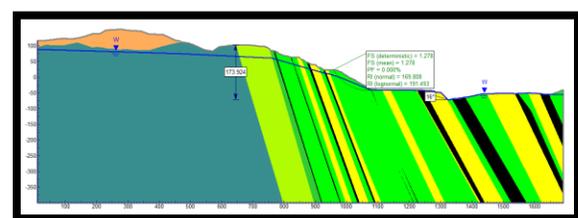
Gambar 5. Hasil pengolahan kinematik *line section* T-T'

Berdasarkan hasil proyeksi stereonet menunjukkan bahwa terdapat 1 puncakan

pole dari bidang diskontinuitas yang terukur. Dengan nilai dip batuan (60° - 70°) lebih besar dari dip sudut geser dalam (28°), serta bidang gelincir memiliki jurus (α_j) yang sejajar atau hampir sejajar (335°) dengan jurus permukaan lereng (350°). Maka lereng tersebut memiliki potensi longsor jenis planar (4,53%), tetapi longsor ini hanya berlaku untuk *single slope* karena bidang-bidang diskontinuitas memiliki geometri yang tidak besar. Potensi ini bisa dijadikan acuan dalam pembuatan desain lereng.

Analisis Kestabilan Lereng

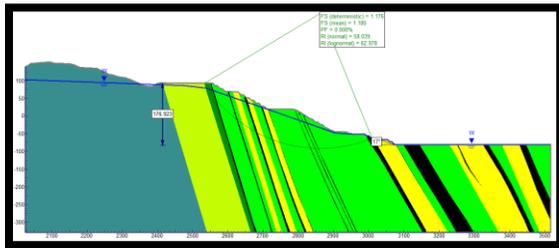
Penampang Z merupakan penampang yang terletak di Pit X. Adapun tinggi lereng *EOM section* ini yaitu 173,924 m dan kemiringan lereng secara keseluruhan yaitu 16° pada kondisi aktual dan tinggi lereng 176,923 m dengan kemiringan lereng secara keseluruhan yaitu 17° . MAT yang digunakan yaitu berada pada elevasi 100,059 RL yang didapatkan dari hasil data sumur pantau yang ada di *section* tersebut.



Gambar 6. Analisis Lereng *EOM* Januari 2020

Analisis dilakukan pada desain Bulan Januari 2020 dengan menggunakan bantuan *software* slide 6.0, busuran FK terkecil berada pada elevasi 47 sampai -50 RL yang memperlihatkan kemungkinan longsor *inter-ramp low wall* pada *section* ini,

didapatkan FK *Deterministic* dan FK *Mean* dari EOM Januari 2020 sebesar 1.278 dan PoF 0%. Hasil tersebut masih termasuk kedalam klasifikasi lereng sesuai kriteria dan keparahan longsoran rendah (Kepmen ESDM RI 1827).

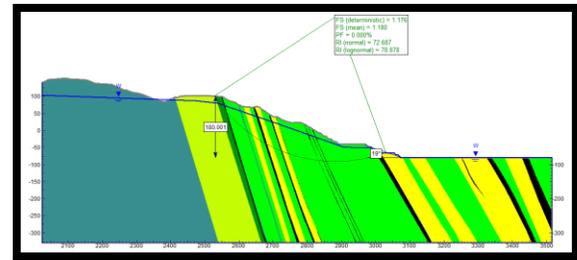


Gambar 7. Analisis Lereng *Yearly* 2020

Analisis dilakukan pada desain *Yearly* 2020 dengan menggunakan bantuan *software* slide 6.0, busuran FK terkecil berada pada elevasi 102 sampai -48 RL yang memperlihatkan kemungkinan longsoran keseluruhan *low wall* pada *section* ini, didapatkan FK *Deterministic* dari EOM Januari 2020 sebesar 1.180, FK *Mean* sebesar 1,176 dan PoF 0%. Hasil tersebut masih termasuk kedalam klasifikasi lereng tidak sesuai kriteria dan keparahan longsoran rendah (Kepmen ESDM RI 1827). Maka dari itu, agar lereng tetap dalam kondisi stabil perlu dilakukan *re-design*.

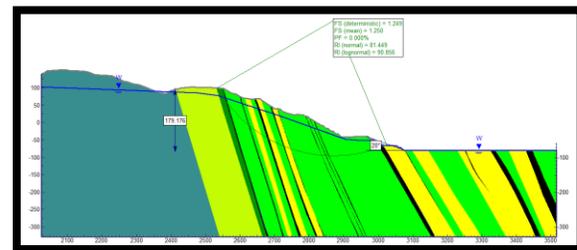
Analisis Kestabilan Desain Lereng *Re-Design Section T-T'*

Re-design dilakukan dengan cara membuat penahan pada kaki lereng, maka *bench* ini akan memperbesar gaya penahan dari lereng tersebut dan menghasilkan nilai faktor keamanan lebih besar dari sebelumnya.



Gambar 8. Membuat Penahan pada Kaki Lereng

Dari hasil analisis, apabila membuat penahan pada kaki lereng (1 bench) dengan *overall* lereng 19° dan tinggi lereng 180.001 m akan menghasilkan nilai faktor keamanan yaitu 1,180. Dimana nilai faktor keamanan ini belum sesuai dengan kriteria Kepmen ESDM RI 1827.

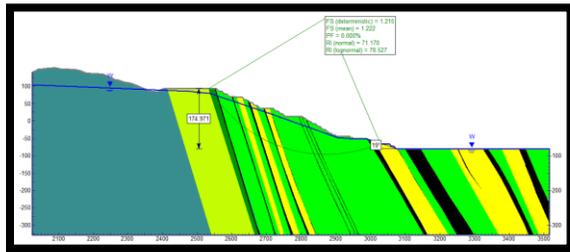


Gambar 9. Membuat Penahan 2 Bench pada Kaki Lereng

Apabila membuat penahan pada kaki lereng (2 bench) 20° dan tinggi lereng 179, 176 m akan menghasilkan nilai faktor keamanan yaitu 1,250, dimana nilai faktor keamanan tersebut sudah sesuai kriteria Kepmen ESDM RI 1827. Apabila membuat penahan pada kaki lereng (3 bench), maka harus dilakukan penimbunan pada area tersebut, hal tersebut tidak direkomendasikan.

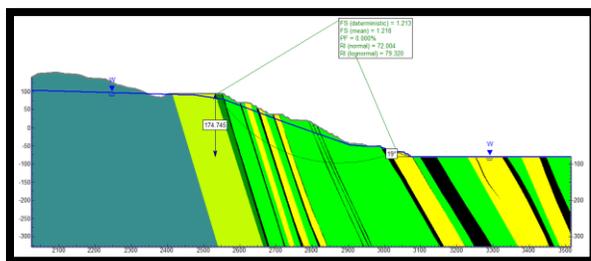
Re-design juga bisa dilakukan dengan cara mengurangi beban pada atas lereng

(memotong muka lereng / cutback) dengan mengurangi beban pada atas lereng, maka akan memperkecil gaya pendorong pada lereng dan gaya penahan akan semakin besar sehingga akan menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih besar.



Gambar 10. Dilakukan *Cutback* sebanyak 10 Bench

Nilai faktor keamanan yang diperoleh setelah melakukan *cutback* sebanyak 10 bench yaitu 1,222 dengan overall slope sebesar 19° dn tinggi lereng yaitu 174,971 m, dimana hasil nilai faktor kermanan ini belum sesuai dengan kriteria Kepmen ESDM RI 1827.



Gambar 11. Dilakukan *Cutback* sebanyak 9 Bench

Nilai faktor keamanan yang diperoleh setelah melakukan *cutback* sebanyak 9 bench yaitu 1,218 dengan overall slope sebesar 19° dan tinggi lereng yaitu 174,745 m, dimana hasil nilai faktor kermanan ini belum sesuai dengan kriteria Kepmen ESDM RI 1827.

Maka, *re-design* yang sesuai dengan Kepmen ESDM 2018 untuk *section Z* adalah dengan cara membuat penahan pada kaki lereng (2 bench) agar lereng tersebut tetap sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada Kepmen ESDM RI 1827.

KESIMPULAN

1. Desain lereng *EOM* Januari 2020 *section Z* menunjukkan hasil nilai faktor keamanan sesuai dengan kriteria Kepmen ESDM RI 1827, hal ini didukung oleh faktor-faktor seperti kondisi massa batuan yang tergolong masih cukup baik, sehingga pada pemodelan pun masih menghasilkan lereng dengan kondisi aman/stabil.
2. *Re-design* dilakukan pada Desain *Yearly* lereng *section Z*, *re-design* ini dilakukan dengan 2 cara simulasi yaitu mengurangi beban diatas lereng (*cutback*) dan menambah penahan dikaki lereng agar dapat menahan beban yang dihasilkan oleh gaya-gaya pendorong dari lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawa Rai, S.Kramadibrata, R.K. Watimena. 2010. *Rock Mechanic*. Jakarta. Gramedia.
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification. A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*. New York: John Wiley and Sons.

- Geology – Survey Department.
2014.
- SOP Pembentukan Bench dan Slope di Area
Site PT. Kideco Jaya Agung. PT.
Kideco Jaya Agung.*
- Hunt, Roy E. 2007. *Characteristicsof
Geological Materials and
Formations.*
United States of America.
Taylor and Francis Group.
- Labuz, J, F., and Zang, A. 2012. *Mohr–
Coulomb Failure
Criterion.* Rock Mech
Rock Eng, (45): 975–979.
- Lisle, John W.Barnes and Richard J.
2004. *Basic Geological
Mapping; fourth edition.*
England: John Wiley &
Sons Ltd.
- Marinos, V., Marinos, P. and Hoek, E. 2005.
*The Geological Strength Index :
Applications and Limitations.*
Bull. Eng. Geol. Env., Vol. 64,
p. 55-65.
- Rocscience. 2002. *RocLab; Rock mass
strength analysis using the
Hoek-Brown failure criterion.*
Canada. Rocscience Inc.
- Rocscience. 2013. *DIPS 6.0 – Toppling,
Planar Sliding, Wedge Sliding.*
Rocscience : Canada. 27 p.
- Romeu, J. L. 2003. *Anderson-Darling: A
Goodness of Fit test for small
samples assumptions,
Selected Topics in Related
Technologies, 5 (10): 1-6.*
- Zakaria, Z., 2009. *Ebook: Analisis
Kestabilan Lereng Tanah.*
UNPAD: Bandung