

ANALISIS KESTABILAN LERENG PIT C4 DAN D2 ROTO SELATAN PT. PAMAPERSADA NUSANTARA DISTRIK KIDECO KALIMANTAN TIMUR

Dedi Herawadi¹

¹Mahasiswa Magister Prodi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta

Masuk: 15 November 2016, revisi masuk: 25 Desember 2016, diterima: 10 Januari 2017

ABSTRACT

Slopes mine is an important part of a mining activity. Slopes mine, slope stability can cause problems such as landslides and disrupting mining operations. The study was conducted to obtain the slope geometry that is safe and stable. Hypotheses that the slope is stable with the value of the safety factor of 1.5 (Sostrodarsono, Suyono). Single slope stability analysis is done for each material making up the slope in the form of sandstone, mudstone, and coal at 100% Saturated as well as the overall slope value (FK) 1,5. The simulation of single slope or in whole, the simulation is done by changing the height and angle of the slope in order to obtain the value of the safety factor (FK) which is safe and stable. This study uses Hoek and Bray and methods Bishop on total water saturated conditions. Single slope stability analysis results obtained by their eighth single slopes with FK values <1.5 is on the C4 West above, C4 lower west, D2 East Upper, D2 East under, and D2 West below and 3 overall slope C4 West, East D2, D2 West. Based on the analysis, simulation single slope and slope overall is for single slope with high-level geometry of 8-11 meters with a slope angle 50° and for the overall slope, slope C4 West with a height of 60 meters and a slope angle 29°, D2 East with a high slope 70 meter and the angle of 26°, the slope D2 West with 86 meters height and the angle of 25°. Application of slope geometry simulation results can reduce the potential of landslides on the slopes of the mine with FK above the reference value of 1.5.

Keywords: slope, safety factor.

INTISARI

Lereng tambang merupakan bagian yang penting dari suatu kegiatan penambangan. Lereng tambang dapat menimbulkan masalah kestabilan lereng berupa longsor dan mengganggu operasional kegiatan penambangan. Penelitian dilakukan untuk memperoleh geometri lereng yang aman dan stabil. Hipotesis yang ada bahwa lereng stabil dengan nilai faktor keamanan 1,5 (Sostrodarsono, Suyono). Analisis kestabilan lereng tunggal dilakukan untuk setiap material penyusun lereng berupa *sandstone*, *mudstone*, dan *coal* pada 100% Jenuh serta lereng keseluruhan dengan nilai (FK) 1,5. Untuk itu dilakukan simulasi lereng tunggal maupun keseluruhan, simulasi ini dilakukan dengan merubah tinggi dan sudut kemiringan lereng sehingga diperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang aman dan stabil. Penelitian ini menggunakan metode *Hoek dan Bray* dan metode *Bishop* pada kondisi jenuh air total. Hasil analisis kestabilan lereng tunggal diperoleh adanya 8 lereng tunggal dengan nilai FK < 1,5 yaitu pada C4 west atas, C4 west bawah, D2 East Atas, D2 East bawah, dan D2 west bawah serta 3 lereng keseluruhan C4 West, D2 East, D2 West. Berdasarkan hasil analisis tersebut dilakukan simulasi lereng tunggal dan lereng keseluruhan yaitu untuk lereng tunggal dengan geometri tinggi jenjang 8-11 meter dengan sudut kemiringan 50° dan untuk lereng keseluruhan, lereng C4 West dengan tinggi 60 meter dan sudut kemiringan 29°, lereng D2 East dengan tinggi 70 meter dan sudut kemiringan 26°, lereng D2 West dengan tinggi 86 meter dan sudut kemiringan 25°. Penerapan geometri lereng hasil simulasi dapat mengurangi potensial longsor pada lereng tambang dengan acuan nilai FK diatas 1,5.

Kata kunci: Lereng, faktor keamanan

PENDAHULUAN

Masalah kestabilan lereng timbul akibat dari suatu pekerjaan kegiatan penggalian maupun kegiatan penimbunan. Hal ini merupakan permasalahan yang penting karena menyangkut masalah keselamatan pekerja dan peralatan serta bangunan yang berada disekitar lereng tersebut. Pekerjaan penambangan dengan metode tambang terbuka sering ditemukan lereng yang tidak stabil dan dapat mengganggu kelancaran produksi yang berakibat tidak tercapainya target produksi yang direncanakan. Sehingga perlu ada analisis yang tepat sebelum menentukan rekomendasi geometri lereng untuk pembentukan lereng dalam kegiatan penambangan batubara.

Lokasi penelitian berada pada area pertambangan PT. Kideco Jaya Agung, secara administratif berada di Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur dan secara geografis terletak pada 115°50'35"-115°51'45"BT dan 01°54'18"-01°57'00"LS.

METODE

Berdasarkan studi literatur diperoleh hipotesis bahwa lereng stabil dengan nilai faktor keamanan 1,5 (Sostrodarsono, Suyono dalam Sulistianto, Budi, 2008). Analisis kestabilan lereng tunggal dilakukan untuk setiap material penyusun lereng berupa *sandstone*, *mudstone*, dan *coal* pada kondisi 100% Jenuh. Analisis kestabilan lereng keseluruhan mengacu pada tabel 1 yaitu nilai FK 1,5 stabil untuk kegiatan penambangan.

Tabel 1. Nilai FK untuk Perancangan Lereng¹⁾

Nilai FK	Keadaan lereng
< 1.0	Tidak stabil
1.0-1.2	Kestabilan lereng diragukan
1.3-1.4	Memuaskan untuk pemontongan dan penimbunan
1.5-1.7	Mantap untuk bendungan

Asumsi yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng adalah sebagai berikut: Pertama, material dianggap atau sejenis karena untuk analisa lereng tunggal dilakukan pada setiap batuan.

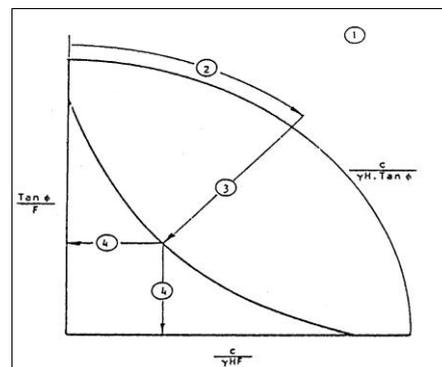
Kedua, tinggi muka air tanah diasumsikan pada saat kondisi jenuh artinya tinggi muka air tanah sama dengan tinggi lereng. Ketiga, nilai parameter yang digunakan adalah kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), bobot isi (γ) diambil berdasarkan nilai material penyusun lereng.

Metode perhitungan yang digunakan pada analisa kestabilan lereng tunggal adalah metode *Bishop* dan metode *Hoek dan Bray*.

Metode hoek dan bray, analisis kestabilan lereng dengan metode *Hoek* dan *Bray* merupakan analisis kestabilan lereng yang dilakukan secara grafis, metode ini dapat dilakukan lebih cepat karena menggunakan bantuan diagram (*chart*).

Berikut ini adalah beberapa asumsi yang digunakan dalam metode *Hoek dan Bray* yaitu sebagai berikut: Kesatu, jenis tanah/batuan, dalam hal ini tanah/batuan dianggap homogen dan kontinyu. Kedua, longsoran yang terjadi menghasilkan bidang luncur berupa bidang luncur lingkaran. Ketiga, tinggi permukaan air tanah pada lereng.

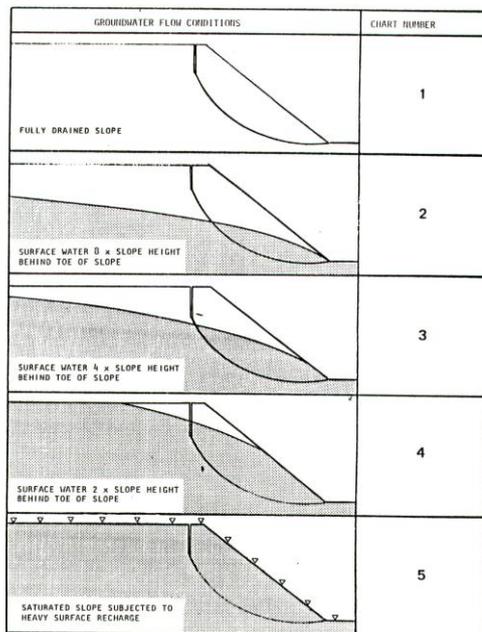
Berikut langkah menggunakan diagram Hoek dan Bray dalam Hoek, E, 1998, yaitu: Pertama, menentukan kondisi air tanah untuk memperoleh ketinggian seperti pada gambar 2 yang dimaksud. Kedua, menghitung nilai $c/(\gamma \tan \phi)$ kemudian masukan dalam Gambar 3.



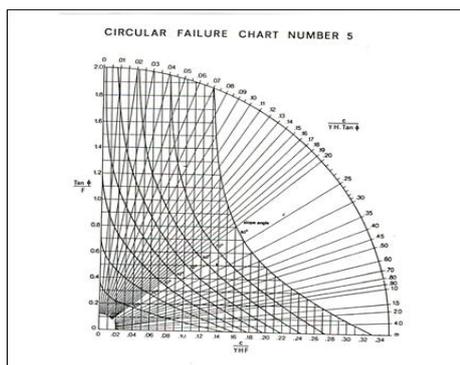
Gambar 1. Cara dan Langkah Perhitungan *Hoek dan Bray*²⁾

Ketiga, kemudian menentukan harga pada lengkung luar dari nilai yang

didapatkan dari langkah 2. Keempat, membuat garis lurus yang berawal dari titik hasil langkah 3, sehingga memotong lengkungan sudut lereng dan kemudian menentukan titik perpotongannya. Kelima, pada garis lurus dari titik langkah 4, sehingga memotong garis tepi kiri ($\tan \phi / F$) atau garis batas bawah ($c/(\gamma HF)$). Hitung harga $F (=FK)$ dari persamaan $\tan \phi / F$ atau $c/(\gamma HF)$.



Gambar 2. Kondisi Muka Air Tanah Untuk Diagram Hoek dan Bray²⁾



Gambar 3. Chart Nomor 5 Untuk Analisa Perhitungan Jenuh Air²⁾

Metode bishop, analisa perhitungan secara matematis menggunakan rumus dari Bishop simplified methods dalam _____ 2001, *Slope W Versi 5.13 Define for slope stability*. Hasil dari analisis metode ini berupa reko-

mendasi geometri lereng tambang yang stabil. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu: Pertama dengan, metode *Bishop* mem-perhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Bidang longsor yang berbentuk busur lingkaran. Metode ini mengabaikan gaya geser pada segmen dan kemudian mengasumsikan suatu gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya-gaya antara segmen. Gaya normal pada dasar tiap segmen ditentukan dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah vertikal. Dengan demikian, semakin banyak segmen yang dihitung, semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Kedua, pada penerapan metode ini dengan mengetahui geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang lurus, serta letak rekahan. Ketiga, menentukan titik pusat busur lingkaran sebagai bidang lurus, kemudian letak rekahan pada longsor busur dipergunakan grafik.

Dalam analisis kestabilan lereng metode Bishop dibantu dengan menggunakan perangkat lunak *Slope / W*. Adapun tahapannya sebagai berikut: 1). Membuka program *slope/W*, kemudian mengatur lembar kerja menggunakan *icon set*, untuk pengaturan skala, *grid*, dan *axes*. 2). Melakukan import file berupa dimensi lereng dari program *autocad* ke program *slope/W*. 3). *Modify picture* yang berfungsi menyamakan skala gambar dengan skala di dalam program *slope/W*. 4). Analisis *setting* dilakukan untuk menentukan metode yang akan digunakan. 5). Memasukan material *propertis* serta sifat fisik dan mekanis ke dalam *soil propertise*, dari *icon key in*. 6). Menentukan *point* dan memasukan *point line* dari *icon draw*. 7). Menentukan *pore water pressure* dari *icon draw* untuk menentukan asumsi tinggi muka air tanah. 8). Menentukan arah bidang longsor menggunakan *grid & radius*. 9). melakukan *Solve and Contour*, untuk mendapatkan nilai FK dan model longsor.

PEMBAHASAN

Berdasarkan data laboratorium diperoleh data sifat fisik dan mekanik dari material pembentuk lereng. Sifat fisik yang digunakan untuk analisis kestabilan

lereng meliputi bobot isi, dan sifat mekanik meliputi kohesi dan sudut geser dalam (____2003, *Geotechnical Study On The Stabilization For The Pasir Coal*, PT. Kideco Jaya Agung, Kalimantan Timur pada Tabel 2.

Pengamatan lapangan berupa kondisi actual lereng diarea C4 dan D2 diperoleh adanya 2 hal yaitu: 1.Pada beberapa lereng tunggal memiliki ketinggian dan sudut kemiringan yang besar. 2.Kondisi material penyusun lereng rapuh (dominan mudstone dan coal) sehingga mempermudah terjadinya longsoran.

Table 2. Sifat Fisik dan Mekanik Pembentuk Lereng Pit C4 & D2

Lereng	Batuan	Kohesi (KPa)	Sudut geser dalam (ϕ)	Density (KN/m ³)
C4 East	Sand	0	30	25.97
	Mudstone	51.83	25.8	23.61
	Coal	19.80	26	13.91
C4 West	Sand	0	25	25.27
	Mudstone	32.43	28.8	23.22
	Coal	19.80	26	13.91
D2 East	Sand	0	25	25.57
	Mudstone	39.19	25	25.18
	Coal	19.80	26	13.91
D2 West	Sandstone	44.59	9.6	21.57
	Mudstone	43.40	27.5	24.57
	Coal	19.80	26	13.91

Berdasarkan data Kigam PT. Kideco Jaya Agung

Hasil analisis lereng tunggal saat ini terdapat 8 Lereng tunggal dengan nilai FK < 1,5 yaitu pada C4 West atas, C4 West bawah, D2 East Atas, D2 East bawah, dan D2 East bawah (Tabel 3).

Hasil perhitungan analisis dari kestabilan lereng keseluruhan saat ini diperoleh 3 lereng keseluruhan C4 West, D2 East, D2 West dibawah FK 1,5 (kondisi tidak stabil) seperti terlihat dalam Tabel.4.

Berdasarkan hasil perhitungan analisis kestabilan lereng tunggal pada setiap batuan maka diperoleh: Pertama, Lereng C4 East pada area penelitian ini terdapat lereng dengan kemiringan 30° - 53° dan tinggi lereng 3 - 14 meter lereng tunggal telah memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang stabil sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan geometri lereng tunggal.

Tabel 3. Hasil Analisa Kestabilan Lereng Tunggal Saat Ini

Lokasi	Material	No Jenjang	Tinggi Lereng	Sudut Lereng	Faktor Keamanan (FK)	
			(m)	(°)	Hoek & Bray	Bishop
C4 West Atas	Mudstone	4	8	53	1.249	1.377
C4 West Bawah	Mudstone	1	24	39	0.924	0.884
		2	9	56	1.222	1.149
		3	12	76	0.766	0.531
D2 East Atas	Mudstone	3	11	45	1.260	1.294
D2 East Bawah	Mudstone	2	18	35	1.081	1.185
		3	10	51	1.060	0.844

Tabel 4. Hasil Analisa Kestabilan Lereng Keseluruhan Total Saat ini

Lokasi	Geometri Lereng		Faktor Keamanan (FK)	
	Tinggi	Sudut		
	(m)	(°)	50% Jenuh	100% Jenuh
C4 East	62	18	1.873	1.565
C4 West	60	29	1.545	1.188
D2 East	72	23	1.128	0.963
D2 West	92	22	1.171	0.929

Kedua, lereng C4 West berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng tunggal (Lihat Tabel 3) terdapat lereng Mudstone pada bagian atas dengan kemiringan 53° dengan tinggi 8 meter serta bagian bawah dengan kemiringan 39°, 56° dan 76° dengan tinggi 24, 9 dan 12 meter yang belum memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang stabil. Untuk memperoleh lereng dengan nilai faktor keamanan yang stabil maka direkomendasikan pembuatan geometri lereng tunggal pada Mudstone tinggi 8 meter dengan sudut kemiringan lereng 50° Lihat Gambar 5.

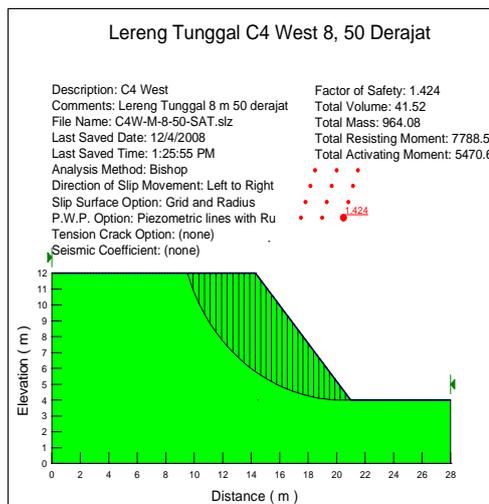
Ketiga, lereng D2 East berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng tunggal (Lihat Tabel 3) terdapat 3 lereng tunggal dengan kemiringan 45°, 35° dan 51° serta tinggi lereng 11, 18 dan 10 meter belum memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang stabil. Untuk memperoleh lereng dengan nilai faktor keamanan yang stabil maka direkomendasikan pembuatan geometri lereng tunggal Mudstone tinggi 8 meter dengan sudut kemiringan 50°.

Keempat, lereng D2 West pada area ini terdapat 2 lereng tunggal yang belum memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang aman yaitu pada material mudstone dan coal dengan kemiringan

43°, dan 67° serta tinggi lereng 17 dan 7 meter. Untuk memperoleh lereng dengan nilai faktor keamanan yang stabil maka direkomendasikan pembuatan geometri lereng tunggal pada *Mudstone* tinggi 11 meter dengan sudut kemiringan lereng 50°. Berikut adalah hasil rekomendasi analisa kestabilan lereng tunggal C4 dan D2 yaitu :

Tabel 5. Rekomendasi Geometri Lereng Tunggal C4 & D2

Lokasi lereng	Material	Tinggi lereng (m)	Kemiringan lereng (°)	Faktor keamanan (FK)	
				Hoek & Bray	Bishop
C4 West Atas	Mudstone	8	50	1.431	1.424
C4 West Bawah	Mudstone	8	50	1.431	1.424
D2 East Atas	Mudstone	8	50	1.441	1.509
D2 East Bawah	Mudstone	8	50	1.441	1.509
D2 West Atas	Mudstone	11	50	1.327	1.317
D2 West Bawah	Mudstone	11	50	1.327	1.317
D2 West Bawah	Coal	6	50	1.682	1527



Gambar 5. Rekomendasi Lereng Tunggal C4 West

Analisis kestabilan lereng keseluruhan dilakukan dengan membagi lereng menjadi 2 bagian atas dan bawah hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang minimum sehingga diharapkan dari hasil simulasi ini mendapatkan kondisi lereng yang aman. Analisis kestabilan lereng keseluruhan ini menggunakan 2 asumsi kondisi muka air tanah yaitu 50% dan 100% jenuh air. Untuk analisa 100% jenuh ini dilakukan dengan mempertimbangkan bila dilokasi

penambahan terjadi hujan secara terus-menerus akan menyebabkan lereng menjadi jenuh air serta untuk memperoleh nilai faktor keamanan yang sesuai dan aman. Berikut ini adalah hasil dari analisa kestabilan lereng keseluruhan adalah sebagai berikut :

Lereng C4 East Atas, kondisi lereng C4 East Atas dengan tinggi lereng 28 m dan sudut kemiringan lereng 34° pada kondisi lereng 50% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 1,906 yang berarti stabil. Pada kondisi 100% jenuh juga memiliki nilai faktor keamanan yang stabil yaitu 1,527. Sehingga pada lereng ini tidak memerlukan perbaikan geometri lereng.

Lereng C4 East Bawah, kondisi lereng C4 East Bawah dengan tinggi lereng 40 meter, dan sudut kemiringan lereng 30° pada kondisi lereng 50% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 1,702 yang berarti stabil. Pada kondisi jenuh total juga memiliki nilai faktor keamanan yang stabil yaitu 1,533. Sehingga pada lereng ini yang tidak memerlukan perbaikan geometri lereng.

Lereng C4 West Atas, kondisi lereng C4 West Atas dengan tinggi lereng 23 meter dan kemiringan lereng 26° memiliki nilai faktor keamanan pada kondisi 50% jenuh 1,781, sedangkan pada kondisi 100% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 1,435 yang berarti pada kondisi 100% jenuh air masih dalam kondisi tidak stabil. Untuk meningkatkan nilai faktor keamanan (FK) dilakukan dengan cara merubah geometri lereng tunggal pada jenjang kedua dan jenjang keempat dengan tinggi 8 meter dan sudut kemiringan lereng sebesar 50°.

Lereng C4 West Bawah, kondisi lereng C4 West Bawah dengan tinggi lereng 37 meter dan sudut kemiringan lereng 38° memiliki nilai faktor keamanan pada kondisi 50% jenuh sebesar 1,263 dan pada kondisi 100% jenuh sebesar 0,883. Dari hasil tersebut menunjukkan nilai faktor keamanan (FK) berada pada kondisi tidak stabil. Untuk meningkatkan nilai faktor keamanan dilakukan dengan cara merubah geometri lereng tunggal pada seluruh jenjang lereng tunggal dengan tinggi lereng 8 meter dan sudut kemiringan 50°.

Lereng D2 East Atas, kondisi lereng penampang D2 East Atas dengan tinggi lereng 39 dan sudut kemiringan lereng 25° pada kondisi 50% jenuh dan 100% jenuh memiliki nilai faktor keamanan yaitu 1,208 dan 0,928, yang nilai tersebut tidak stabil. Untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang aman maka dilakukan perbaikan lereng tunggal pada seluruh jenjang dengan tinggi lereng 8 meter dan sudut kemiringan lereng 50°.

Lereng D2 East Bawah, kondisi lereng D2 East Bawah dengan tinggi lereng 33 m dan sudut kemiringan lereng 33° pada kondisi lereng 50% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 1.079 yang berarti tidak stabil dan pada kondisi 100% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 0,862 yang berarti tidak stabil. Untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang aman maka dilakukan perbaikan lereng pada seluruh jenjang dengan tinggi lereng 8 meter dan sudut kemiringan lereng 50°.

Lereng D2 West Atas, kondisi lereng D2 West Atas dengan tinggi lereng 34 m, dan sudut kemiringan lereng 27° pada kondisi lereng 50% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 1,587 yang berarti stabil dan pada kondisi jenuh total memiliki nilai faktor keamanan 1,314. Untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang aman maka dilakukan perbaikan pada jenjang pertama, kedua, dan ketiga menjadi 2 buah lereng tunggal dengan tinggi 11 meter dan sudut kemiringan lereng sebesar 50°.

Lereng D2 West Bawah, kondisi lereng D2 West Bawah dengan tinggi lereng 56m, dan sudut kemiringan lereng 22° pada kondisi lereng 50% jenuh memiliki nilai faktor keamanan 1,518 yang berarti stabil tetapi apabila kondisi air tanah naik menjadi jenuh total memiliki nilai faktor keamanan 1,382 yang berarti nilai faktor keamanan tidak aman. Untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang aman maka dilakukan perbaikan pada seluruh jenjang. Pada jenjang pertama sampai jenjang kelima berupa mudstone. Jenjang pertama dengan tinggi 5 meter dan sudut kemiringan lereng 50°. Kemudian 4 jenjang

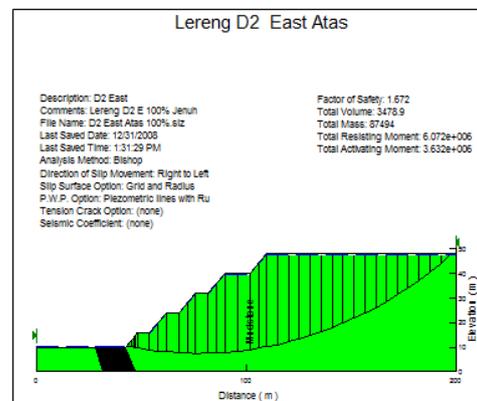
berikutnya dengan tinggi 11 meter dan sudut kemiringan 50°. Serta pada lereng coal dengan tinggi 6 meter dan sudut kemiringan sebesar 50°.

Tabel 6. Rekomendasi Geometri Lereng Keseluruhan C4 & D2

Lokasi	Geometri Lereng		Faktor Keamanan (FK)	
	Tinggi	Sudut	50% Jenuh	100% Jenuh
	(m)	(°)		
C4 West-Atas	23	24	1.828	1.511
C4 West-Bawah	37	37	1.995	1.515
D2 East-Atas	38	29	2.126	1.672
D2 East-Bawah	32	32	1.889	1.508
D2 West-Atas	32	25	1.807	1.559
D2 West-Bawah	54	20	1.775	1.509

Tabel 7. Rekomendasi Geometri Lereng Keseluruhan Total C4 & D2

Lokasi	Geometri Lereng		Faktor Keamanan (FK)	
	Tinggi	Sudut	50% Jenuh	100% Jenuh
	(m)	(°)		
C4 West	60	29	2.051	1.507
D2 East	70	26	1.950	1.501
D2 West	86	25	1.818	1.523



Gambar 6. Rekomendasi Lereng Keseluruhan D2 East Atas

KESIMPULAN

Hasil pengamatan dan analisa yang dilakukan pada lokasi penelitian di pit C4 dan D2 Roto Selatan PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco, dapat diambil kesimpulan:

Berdasarkan analisis kestabilan lereng yang dilakukan menggunakan metode *Hoek* dan *Bray* dan metode *Bishop*, potensi longsor yang terjadi di

lokasi penelitian C4 dan D2 berupa longsor busur.

Metode *Hoek* dan *Bray* dan metode *Bishop* yang digunakan dalam penelitian menghasilkan nilai faktor keamanan yang sama terhadap lereng tunggal.

Nilai faktor keamanan yang diperoleh pada lereng tunggal pada C4 dan D2 untuk beberapa lereng tunggal maupun lereng keseluruhan dibawah standar menurut nilai faktor keamanan oleh Sostrodarsono, Suyono dalam Sulistianto, Budi, 2008.

Hasil analisis lereng tunggal C4 dan D2 menunjukkan hampir seluruh lereng berpotensi tidak stabil pada kondisi 100% jenuh air, kecuali pada lereng C4 *East* yang memperoleh nilai faktor keamanan di atas 1,5.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka untuk meningkatkan nilai faktor keamanan lereng dilakukan dengan perubahan geometri lereng yaitu:

Pembentukan lereng tunggal dengan geometri tinggi 8-11 meter dan sudut kemiringan 50° untuk material *mudstone* dan 6 meter untuk material *coal*.

Bila pembentukan lereng tunggal tidak sesuai dengan point a, maka perlu dilakukan analisis kembali terkait dengan pembentukan lereng tunggal.

Bila pembentukan lereng tunggal dapat sesuai dengan rekomendasi maka lereng keseluruhan akan terbentuk dengan FK stabil.

Rekomendasi lereng keseluruhan C4 *West* tinggi 60 meter dengan sudut kemiringan 29° , untuk D2 *East* tinggi 70 meter dengan sudut kemiringan 26° , dan D2 *West* tinggi 86 meter dengan sudut kemiringan 25° .

DAFTAR PUSTAKA

- Hoek, E, 1998, *Rock Engineering, Consulting Engineer Inc, Canada*
- Made Astawa Rai, 1998, Pelatihan Pengawas Tambang PT. Pamapersada Nusantara, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Sulistianto, Budi, 2008, Pelatihan Geoteknik Tambang Terbuka PT. Pamapersada Nusantara, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- _____, 2001, *Slope W Versi 5.13 Define for slope stability, Geoslope Office International, Calgary, Alberta, Canada.*
- _____, 2003, *Geotechnical Study On The Stabilization For The Pasir Coal, PT. Kideco Jaya Agung, Kalimantan Timur*