

ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK MENENTUKAN GEOMETRI LERENG PADA AREA PENAMBANGAN PIT MUARA TIGA BESAR SELATAN PT.BUKIT ASAM (PERSERO) TBK, TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Azhary Rahim¹, Bambang Heriyadi², Yoszi Mingsi Anaperta²

S1 Teknik Pertambangan
FT Universitas Negeri Padang
Email : azharyrahim@gmail.com

ABSTRACT

One of few factors that should watch over in open pit mining is geotechnical on rocks lithology in mining area. Since designing of slope geometry there are many factors so thus factors must be input as a parameter to determine slope stability.

The type of dominant failures occur in Muara Tiga Besar Area are wedge and planar sliding which caused by discontinuity and sheer slope orientation. This research used stereographic method to determine type and aim of failure based on discontinuity and slope orientation. Stereographic analyses result will conduct and optimal slope angle. Furthermore modeling simulation will be done for single and overall slope to determine its geometry and factor of safety based on geotechnical data such as cohesion and friction angle for each materials.

Based on stereographic analysis to overburden A1 single slope angle are conducted 41°, 40°, 42°, 39°, and for lower C is conducted 41°, 42°, 41°, and 42°. in order to get an optimal single slope then it must be conducted from simulation and the result for overburden A1 is 47° as optimal slope angle with factor of safety amount of 1.302 for saturated condition and dry condition 1.727 and for lower C the result of optimal slope angle is 43°, whose factor of safety is 1.305 for saturated condition and 1.886 for dry condition. Afterwards modeling simulation is been done to overall slope in A-A' and B-B' section. Factor of safety in highwall area is 1.323 with 27.4° overall slope angle and 155 meters high. In other hands, factor of safety in lowwall area is 1.318 with 25.2° overall slope angle and 192 meters high.

Keywords : Stereographic Analysis , Slope Stability, Geometry, Factor of Safety.

A. Pendahuluan

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam sistem *open pit mining* adalah faktor-faktor geoteknik pada litologi batuan di daerah penambangan. Karena pada saat proses desain suatu lereng sangat banyak

faktor - faktor yang mempengaruhi dan harus diinput sebagai parameter untuk menentukan kemantapan lereng tersebut.

Adanya bidang diskontinu pada batuan akan mempengaruhi banyak hal yang berhubungan dengan aktifitas

penambangan. Diantaranya adalah pengaruh terhadap kekuatan dari batuan. Semakin banyak bidang diskontinu yang memotong massa batuan, semakin kecil pula kekuatan dan batuan tersebut. Bidang - bidang diskontinu yang ada pada massa batuan inilah yang memiliki potensi untuk menyebabkan terjadinya *failure* pada batuan. Selain itu dengan adanya bidang diskontinu maka akan memberikan pengaruh lain dalam sebuah kegiatan pertambangan. Hal ini berkaitan dengan ukuran fragmentasi material yang ditambang.

Pada kegiatan penambangan, seperti penggalian pada suatu lereng akan menyebabkan terjadinya perubahan besarnya gaya-gaya pada lereng yang mengakibatkan terganggunya kestabilan lereng dan akhirnya dapat menyebabkan lereng tersebut longsor.

Lereng yang didesain akan terus dievaluasi pada periode tertentu karena

apa yang didesain tidak selamanya sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Hal ini disebabkan karena faktor-faktor dari luar seperti adanya pelapukan pada dinding lereng yang setiap saat bisa menyebabkan terjadinya longsoran.

Di daerah lokasi penelitian, tipe longsoran yang dominan terjadi adalah tipe longsoran baji, hal ini disebabkan oleh karena adanya bidang diskontinu dan juga orientasi lereng yang cukup terjal, oleh karena itu untuk memetakan potensi dan tipe longsoran dibutuhkan analisa stereografis berdasarkan dari orientasi bidang diskontinu untuk mengantisipasi terjadinya longsoran.

Maka dari itu proses evaluasi secara berkesinambungan harus terus dilakukan untuk wilayah kerja yang aman karena keselamatan pekerja adalah prioritas utama dalam suatu usaha pertambangan, dilain sisi jika terjadi suatu *accident* maka kegiatan

penambangan juga akan terganggu yang akan berdampak pada hasil produksi.

B. Metode Penelitian

Pengambilan data dilakukan di Pit Muara Tiga Besar Selatan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk dimaksudkan untuk mengetahui kemantapan lereng yang didisain berdasarkan data parameter geoteknik dari hasil pengeboran yang telah dilakukan sejak tahun 2004 sampai dengan saat ini. Untuk melakukan penelitian ini penulis mengambil beberapa seri titik bor pada lokasi penelitian. Selanjutnya dari masing masing titik bor tersebut dilakukan analisa dan pengujian laboratorium geoteknik untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat mekanik dari batuan di daerah penelitian yang akan digunakan sebagai parameter geoteknik. Parameter yang di dapat dari hasil pengujian laboratorium geoteknik berupa nilai bobot isi tanah atau batuan (γ_n) dengan satuan kN/m^3 , nilai kohesi (C) dari batuan dengan

satuan (kPa), sudut geser dalam (ϕ) dengan satuan derajat ($^\circ$) dan nilai kuat tekan *Unconfined Compressed Strength* (UCS). Nilai kohesi dan sudut geser dalam didapat dari *direct shear test* dan *triaxial test*. Kedua pengujian tersebut dilakukan sebagai perbandingan pada tiap tiap jenis sampel untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser yang sesuai.

Kemudian juga dilakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian Muara Tiga Besar Selatan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk untuk menentukan kondisi kondisi bidang diskontinu secara langsung dari lereng yang telah dibuat untuk kegiatan penambangan. Parameter yang diamati secara langsung dilapangan adalah arah orientasi lereng yang dibentuk atau *strike* dan *dip* lereng, nilai dari *strike* dan *dip* bidang diskontinu, nilai spasi dari bidang diskontinu, kondisi air tanah, kekerasan dari bidang diskontinu (*roughness*), isian dari bidang

diskontinu (*gouge*), ada atau tidaknya bukaan pada bidang diskontinu (*aperture*), kondisi pelapukan (*weathered*). Dikarenakan pada lokasi penelitian kondisi bidang perlapisan batubara atau *dip* dari perlapisan batuan tersebut relatif tegak maka daerah yang memungkinkan untuk dilakukan pengamatan secara langsung adalah pada bagian *overburden* A1 dan pada bagian *lower C* dibagian blok satu area penambangan.

Setelah semua parameter parameter di dapat baik itu parameter seperti dari hasil log bor geoteknik dan hasil dari pengujian laboratorium geoteknik serta data lapangan maka dilakukan pengolahan statistik untuk menentukan nilai rata rata, nilai tengah, nilai maksimal dan minimal untuk tiap tiap parameter dengan nilai *confident level* sebesar 85% yang dimaksudkan untuk mengeliminasi nilai pencilan yang terlalu besar atau terlalu kecil, nilai tersebut mungkin terjadi

dikarenakan adanya gangguan gangguan dari luar dan mungkin juga karena faktor kesalahan manusia sehingga dapat merusak populasi data.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Parameter Penelitian

Pengujian laboraorium geoteknik meliputi pengujian diantaranya adalah *direct shear test*, *triaxial test*, *unconfined compressed strength* untuk pengujian mekanik batuan untuk mendapatkan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam batuan serta untuk mendapatkan nilai kuat tekan batuan utuh sedangkan untuk pengujian sifat fisik batuan didapat nilai indeks plastisitas, nilai bobot isi batuan dan nilai permeabilitas dari batuan tersebut. Seperti yang telah diuraikan diawal seluruh data dikumpulkan berdasarkan jenis litologi batuan. Berikut data pengujian laboratorium geoteknik yang telah dikelompokkan berdasarkan jenis litologi batuan.

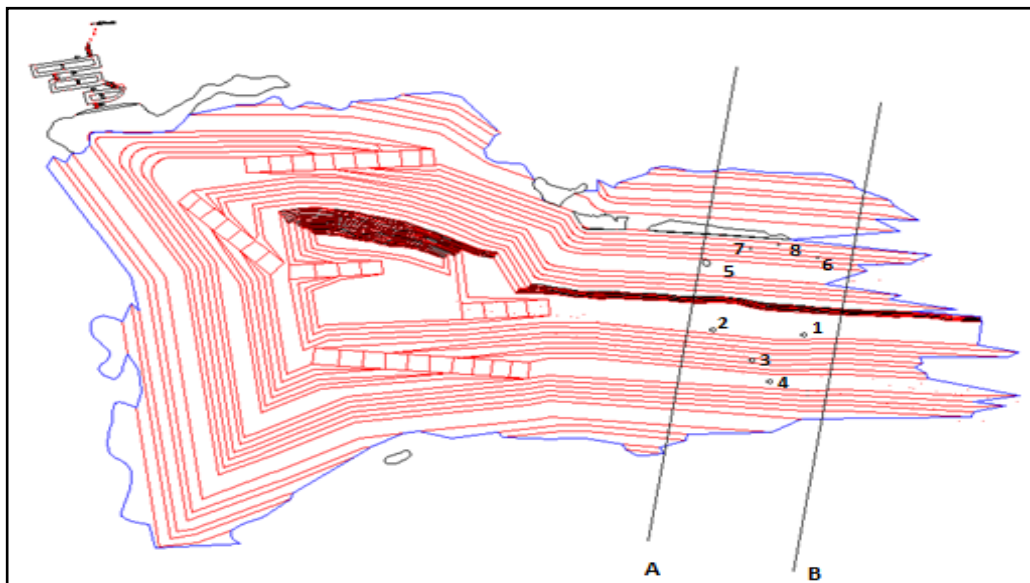
Tabel 1. Parameter hasil pengujian laboraorium geoteknik

Lithology	γ_s kN/m ³	C_p (kPa)	ϕ_p (o)	C_r kPa	ϕ_r (o)	UCS
Ob A1	20.00	66.38	23.68	57.56	21.32	616.63
Coal A1	12.22	295.55	23.24	-	-	5980.27
Int A1-A2	20.02	73.76	24.18	52.05	18.91	1210.12
Coal A2	12.07	310.16	23.63	-	-	9382.58
Int A2-B	19.97	72.39	24.18	66.51	22.51	808.92
Coal B	12.08	296.37	37.13	-	-	5843.07
Int B-C	20.91	85.31	24.12	35.21	22.84	817.81
Coal C	12.09	480.11	28.89	-	-	4443.41
Lower C	19.48	54.47	28.50	49.31	27.81	456.72

2. Lokasi

Pada lokasi penelitian pengamatan lereng dilokasi

penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian *highwall* pada lithologi *overburden* A1 dan bagian *Lowwal* pada lithologi *lower C* masing masing 4 *scanline point station* sehingga nantinya diharapkan didapat model longsoran serta arah longsoran pada tiap tiap bidang *scanline point station*. Untuk lokasi titik pengamatan dapat dilihat pada gambar dibawah ini;



Gambar 1. Lokasi Pengmatan

3. Pengolahan Data Diskontinuitas

Setelah data bidang diskontinuitas yang telah diambil

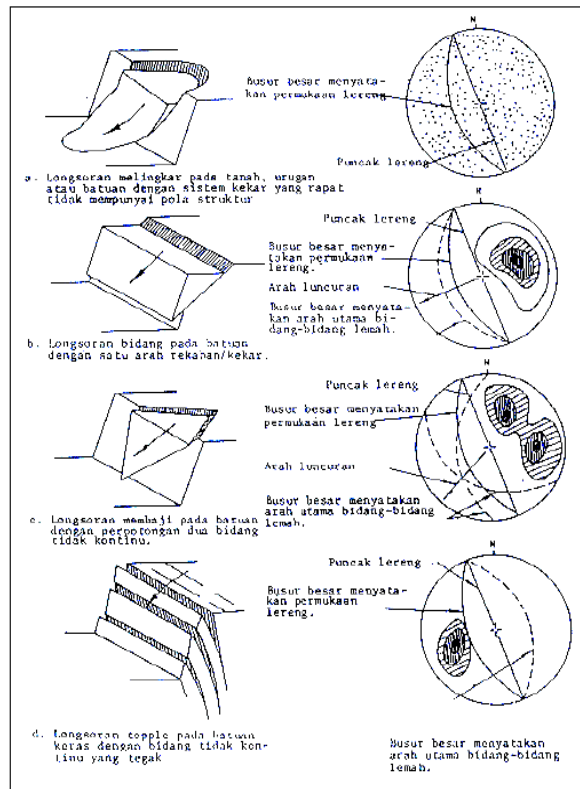
dari hasil pengamatan dilapangan, berupa *strike*, *dip* dan *dip direction* serta kondisi bidang diskontinu

menggunakan metode *scanline* maka selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Stereonets *Dips* untuk melihat orientasi penyebaran bidang diskontinuitas pada stereonets. Tujuan utama dari pengeplotan data diskontinuitas ini adalah untuk melihat arah umum dan orientasi mayor dan minornya.

Selanjutnya setelah dilakukan pengeplotan untuk membuat set diskontinuitas dari orientasi bidang diskontinu. Untuk menentukan pola set diskontinuitasnya dilakukan berdasarkan penyebaran orientasi bidang diskontinu pada bidang

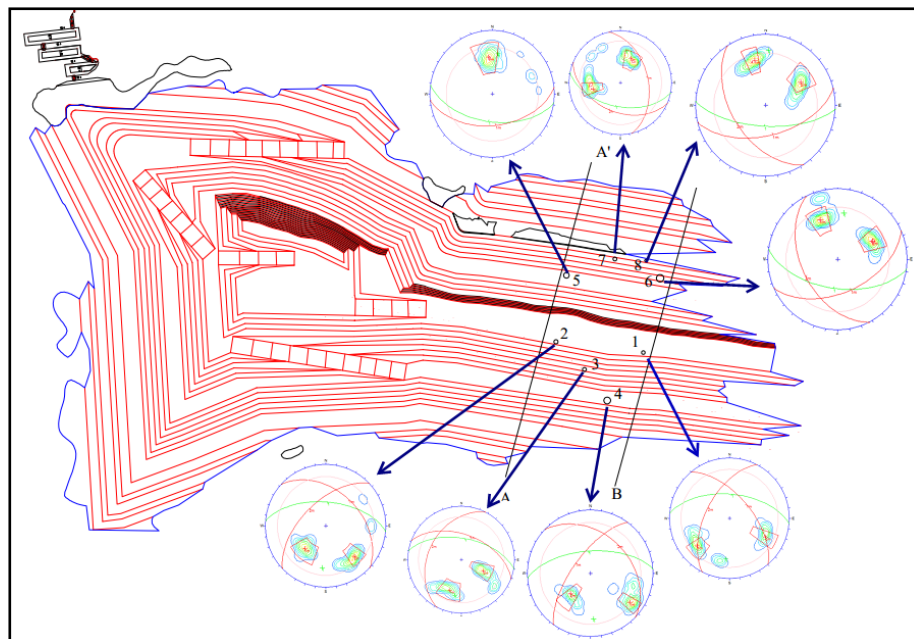
stereonet. Bidang bidang diskontinu yang membentuk satu kelompok dikelompokkan dalam satu set bidang diskontinu.

Kemudian dilakukan pengeplotan kedudukan set diskontinuitasnya, orientasi lereng berupa *strike*, *dip* dan *dip direction* nya serta sudut geser dalamnya pada stereonets. Maka dari hasil pengeplotan tersebut nantinya dapat diketahui potensi potensi longsorannya pada masing masing *scanline* dengan cara *point station* berdasarkan kriteria pola utama longsorannya yang dikemukakan Hoek dan Bray pada tahun 1981.



Gambar 2. Hubungan diskontinuitas dengan tipe longsor (Hoek and Bray,1981)

Hasil seluruh pengolahan data menggunakan metode stereografis dapat dilihat pada gambar 3 dan tabel 2 dibawah;



Gambar 3. Hasil dari analisis stereografis

Tabel 2. Rekapitulasi hasil analisis stereografis

Lithologi	Scanline	Potensi Longsoran	Sd Diskontinuitas Terlibat	Sudut Kemiringan Rekomendasi
Overburden A1	1	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	41
Overburden A1	2	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	40
Overburden A1	3	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	42
Overburden A1	4	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	40
Lower C	5	Longsoran Bidang	JS1	41
Lower C	6	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	42
Lower C	7	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	41
Lower C	8	Longsoran Baji	JS1 dan JS2	42
Overburden A1		Longsoran Baji	JS1 dan JS2	40
Lower C		Longsoran Baji	JS1 dan JS2	45

4. Geometri dan Analisa lereng Tunggal

Pada kajian ini dilakukan simulasi lereng tunggal pada lithologi batuan *overburden A1* dan *lower C* dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Rocscience Slide. Berdasarkan dari hasil analisis stereografis didapat berapa sudut kemiringan lereng yang disarankan agar tidak terdapat bidang bebas yang akhirnya akan menyebabkan longsoran. Pada daerah penelitian dari hasil analisa stereografis juga dapat dilihat longsoran yang terjadi adalah longsoran campuran antara

baji dan planar, longsoran baji dan longsoran planar atau bidang. Dilakukan simulasi pada lereng *overburden A1* dan *lower C* untuk mendapatkan berapa nilai faktor keamanan optimal dengan parameter kohesi, sudut geser dalam dan berat jenis material serta kondisi air jenuh yang nantinya akan dapat dipertimbangkan untuk evaluasi kemantapan lereng pada area penambangan.

Pada lithologi *overburden A1* sebagai dinding *highwall* area penambangan dilakukan simulasi lereng tunggal dengan perubahan

sudut kemiringan lereng dengan tinggi 12 meter sehingga dapat dilihat perubahan faktor keamanan

yang terjadi pada simulasi tersebut. Untuk hasil simulasi ditampilkan pada tabel 3 dibawah ini;

Tabel 3. Simulasi nilai faktor keamanan lereng tunggal pada *overburden A1*

No	Lereng	Kemiringan lereng	Tinggi	Lebar	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Faktor Keamanan	
							Jenuh	Kering
1	OB A1	40	12	14.30	57.56	21.32	1.403	1.859
2	OB A1	41	12	13.80	57.56	21.32	1.386	1.842
3	OB A1	42	12	13.33	57.56	21.32	1.371	1.820
4	OB A1	43	12	12.87	57.56	21.32	1.357	1.802
5	OB A1	44	12	12.43	57.56	21.32	1.346	1.783
6	OB A1	45	12	12.00	57.56	21.32	1.328	1.760
7	OB A1	46	12	11.59	57.56	21.32	1.314	1.743
8	OB A1	47	12	11.19	57.56	21.32	1.302	1.727
9	OB A1	48	12	10.80	57.56	21.32	1.291	1.706
10	OB A1	49	12	10.43	57.56	21.32	1.277	1.694
11	OB A1	50	12	10.07	57.56	21.32	1.264	1.676
12	OB A1	51	12	9.72	57.56	21.32	1.248	1.653
13	OB A1	52	12	9.38	57.56	21.32	1.231	1.639
14	OB A1	53	12	9.04	57.56	21.32	1.218	1.622
15	OB A1	54	12	8.72	57.56	21.32	1.204	1.603
16	OB A1	55	12	8.40	57.56	21.32	1.187	1.588
17	OB A1	56	12	8.09	57.56	21.32	1.178	1.570
18	OB A1	57	12	7.79	57.56	21.32	1.162	1.555
19	OB A1	58	12	7.50	57.56	21.32	1.148	1.542
20	OB A1	59	12	7.21	57.56	21.32	1.137	1.523
21	OB A1	60	12	6.93	57.56	21.32	1.125	1.510
22	OB A1	61	12	6.65	57.56	21.32	1.102	1.486

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa lereng aktual pada area penambangan blok 1 area penambangan yang sudut kemiringan lerengnya berkisar antara 56° sampai dengan 61° memiliki faktor keamanan jenuh dibawah dari

1.3 yang artinya lereng tersebut berada pada kondisi kritis atau akan terjadi longsoran. Sesuai dengan hasil analisis stereografis didapat sudut kemiringan lereng optimal berkisar antara 40° sampai 41° dengan nilai faktor keamanan jenuh

1.408 sampai 1.386 yang artinya lereng tersebut pada kondisi layak dan mantap. Agar lebih optimal, lereng dengan lithologi *overburden* A1 pada *highwall* dapat lebih dioptimalkan pada sudut 47° dengan faktor keamanan jenuh 1.302. Dapat dilihat pada gambar 50 simulasi untuk lereng tunggal dengan sudut 47°.

Pada lithologi *lower C* sebagai dinding *lowwall* area penambangan dilakukan simulasi lereng tunggal dengan perubahan sudut kemiringan lereng dengan tinggi 12 meter sehingga dapat dilihat perubahan faktor kemanan yang terjadi pada simulasi tersebut. Untuk hasil simulasi ditampilkan pada tabel 4 dibawah ini;

Tabel 4. Simulasi nilai faktor keamanan lereng tunggal pada *lower C*

No	Lereng	Kemiringan lereng	Tinggi	Lebar	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Faktor Keamanan	
							Jenuh	Kering
1	Lower C	40	12	14.30	49.31	27.81	1.360	1.957
2	Lower C	41	12	13.80	49.31	27.81	1.339	1.933
3	Lower C	42	12	13.33	49.31	27.81	1.322	1.908
4	Lower C	43	12	12.87	49.31	27.81	1.305	1.886
5	Lower C	44	12	12.43	49.31	27.81	1.288	1.861
6	Lower C	45	12	12.00	49.31	27.81	1.270	1.838
7	Lower C	46	12	11.59	49.31	27.81	1.241	1.802
8	Lower C	47	12	11.19	49.31	27.81	1.232	1.795
9	Lower C	48	12	10.80	49.31	27.81	1.227	1.772
10	Lower C	49	12	10.43	49.31	27.81	1.199	1.755
11	Lower C	50	12	10.07	49.31	27.81	1.171	1.708
12	Lower C	51	12	9.72	49.31	27.81	1.155	1.686
13	Lower C	52	12	9.38	49.31	27.81	1.140	1.666
14	Lower C	53	12	9.04	49.31	27.81	1.124	1.645
15	Lower C	54	12	8.72	49.31	27.81	1.107	1.637
16	Lower C	55	12	8.40	49.31	27.81	1.103	1.626
17	Lower C	56	12	8.09	49.31	27.81	1.071	1.595
18	Lower C	57	12	7.79	49.31	27.81	1.066	1.589
19	Lower C	58	12	7.50	49.31	27.81	1.056	1.555
20	Lower C	59	12	7.21	49.31	27.81	1.037	1.561
21	Lower C	60	12	6.93	49.31	27.81	1.014	1.539
22	Lower C	61	12	6.65	49.31	27.81	0.993	1.516

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa lereng aktual pada area penambangan blok 1 area penambangan yang sudut kemiringan lerengnya berkisar antara 50° sampai dengan 61° memiliki faktor keamanan jenuh dibawah dari 1.3 yang artinya lereng tersebut berada pada kondisi kritis atau akan terjadi longsoran. Pada lithologi *lower C* dapat dilihat pada tabel bahwa sudut kemiringan optimal lebih kecil dibandingkan dengan pada lithologi *overburden A1* hal ini di disebabkan oleh perbedaan nilai parameter kohesi, sudut geser dalam serta nilai bobot isi batuan. Pada lithologi *lower C* sudut kemiringan lereng optimal berada pada sudut 43° dengan faktor keamanan jenuh 1.305.

5. Geometri dan Analisa Overall Slope

Pada desain *overall slope* *highwall* yaitu *overburden A1*

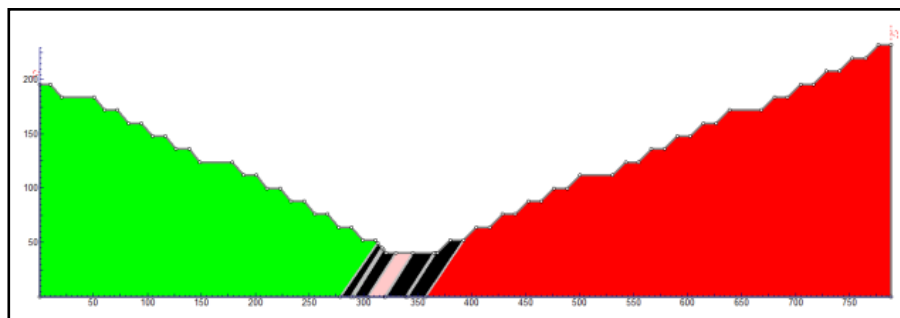
seperti yang telah dibahas pada bagian lereng tunggal (*single slope*) telah didapat nilai lereng optimal berdasarkan parameter parameter masukan dari laboratorium geoteknik serta begitu juga pada *Lowwal* dengan lithologi *lower C*. Maka untuk mendesain lereng secara keseluruhan (*overall slope*) akan dilakukan pada 2 penampang pada blok A, untuk tiap tiap penampang akan dihitung nilai dari faktor keamanannya, pada daerah penelitian ini standar faktor keamanan yang digunakan untuk *overall slope* adalah lebih besar dari 1,3 untuk kondisi temporary.

Pada penampang A-A' dan B-B' dilakukan simulasi pada lereng keseluruhan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan paling optimal berdasarkan simulasi lereng tunggal dan simulasi lereng keseluruhan. Hasil simulasi lereng tunggal pada penampang A-A' dan B-B' Setelah

dilakukan evaluasi pada penampang A-A' dan B-B' pada bagian *highwall overburden* A1 digunakan simulasi *single slope* dengan penyesuaian maka didapat nilai faktor keamanan optimal yaitu dengan 1.393 dan sudut lereng keseluruhan 27.4°, dan tinggi keseluruhan 155 m. Hal tersebut telah memenuhi syarat

untuk dapat dikatakan penampang A-A' dan B-B' mantap pada bagian *highwall*.

Selanjutnya simulasi pada *Lowwal lower C* didapat nilai faktor keamanan 1.494 dengan sudut secara keseluruhan 25.2°, dan tinggi keseluruhan 192 m.



Gambar 4. Desain overall slope *highwall* and *lowwall*

D. Simpulan dan Saran

Berdasarkan pengamatan di lapangan, hasil hasil perhitungan dan pengolahan data, serta analisis yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

Hasil analisa stereografis pada lithologi *overburden* A1 didapat sudut lereng tunggal 41°, 40°, 42°, 40°, dan pada lithologi *lower C*

didapat sudut lereng 41°, 42°, 41°, dan 42°. Untuk mendapatkan sudut lereng optimal maka dilakukan simulasi lereng tunggal yang hasilnya pada lithologi *overburden* A1 didapat sudut lereng optimal 47° dengan faktor keamanan jenuh 1.302 serta kondisi kering 1.727 dan pada lithologi *lower C* didapat sudut lereng optimal 43°, dengan faktor

keamanan jenuh 1.305 serta kondisi kering 1.886. Selanjutnya dilakukan simulasi pemodelan untuk lereng keseluruhan pada penampang A-A' dan B-B'. Pada bagian highwall didapat faktor keamanan 1.323 dengan sudut kemiringan lereng keseluruhan 27.4° dan tinggi 155 meter. sementara pada bagian lowwal didapat faktor keamanan 1.318 dengan sudut kemiringan lereng keseluruhan 25.2° dan tinggi 192 meter.

Berdasarkan dari simulasi *single slope*, disarankan sudut untuk lereng tunggal pada lokasi penelitian lebih dikecilkan dengan cara mengurangi tinggi lereng dan menambah lebar untuk menghindari longsoran pada lokasi penelitian.

Catatan: Artikel ini disusun berdasarkan Tugas Akhir penulis dengan pembimbing I Bambang Heriyadi dan Pembimbing II Yoszi Mingsi Anaperta.

E. Daftar Pustaka

- Heri Syaeful, 2012 "*Potensi Dan Bentuk Bidang Runtuhan Pada Lereng Tambang Terbuka*", Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang, Jakarta.
- Hoek, E., 1991 "*When Is a Design in Rock Engineering Acceptable*", Proceedings of the 7th International Congress on Rock Mechanics, Aachen, Balkema, Rotterdam .
- Hoek, E., 2000 "*Rock Engineering Course Note* ", Evert Hoek Consulting Engineer Inc. 3034 Edgemont Boulevard P.O. Box 75516 North Vancouver, B.C. Canada.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., dan Corkum, B., 2002 "*Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition*", <http://www.rocscience.com>, Canada.
- Hoek, E., Kaiser P.K. and Bawden W.F. 1995, "*Support Of Underground Excavations In Hard Rock*", Balkema, Rotterdam.
- Jonny Sjoberg, 1997 "*Estimating Rock Mass Strength Using The Hoek-Brown Failure Criterion And Rock Mass Classification*", Division Of Rock Mechanics

- Lulea University Of
Technology, Sweden.
- Rai, M.A., 1995 “*Klasifikasi Massa Batuan*”, Diktat Kuliah
Laboratorium Geomekanika
Jurusan Teknik Pertambangan,
ITB, Bandung, 1995.
- Rai, M.A., dan, Kramadibrata, S.,
1990 *Mekanika Batuan*, Jurusan
Teknik Pertambangan, ITB,
Bandung.
- Richard E. Goodman, 1989 “
Introduction to Rock Mechanics
2nd Edition”, John Wiley and
Sons, Canada.
- Sugianto, 2008 “Penggunaan
Stereonet Untuk Analisis
Kemantapan Lereng Batuan”,
Buletin Geologi Tata
Lingkungan, Bandung.
- Wylie D.C., dan Mah C.W., 2004
“*Rock Slope Engineering*”, 4th
Edition, Spon Press, London.