

Analisis Balik Kestabilan Lereng Penampang A Dan Penampang B Area Lowwall Tambang Batubara Pada Pit X PT. Kideco Jaya Agung Kecamatan Batu Sopang Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur

Suryadi Putra^{1*}, and Bambang Heriyadi^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*suryadiputra209@gmail.com

**bambangh@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Kideco Jaya Agung is a coal mine company in Paser Regency, East Kalimantan Province, with an Open Pit Mining method. Spreading cover rock is done by blasting. Blasting activities affect the slope of stability. In May 2018 there was a landslide in the A section lowwall area while cross section B in July 2018 occurred overcut to the design in 2018. In order to be able to provide the results of the analysis, several processes carried out were the calculation of blasting vibrations using the Matsuo reference formula. Then the back analysis using the probabilistic method of Monte Carlo. As well as analysis of safety factors and recommendations for slope geometry using Janbu simplified method. The results of the analysis are (1) The relationship of the distance of blasting to Amaks produced is $Amaks = -6 \times 10^{-5} (\text{distance}) + 0.0416$. (2) The geotechnical parameter of the back analysis is mudstone: $c = 77,5 \text{ kN/m}^2$ and $\Phi = 17,36$; coal: $c = 72,54 \text{ kN/m}^2$ and $\Phi = 17,112$. (3) Design of FK values in 2018 cross section A lowwall is 1,169 and crosswall B design 2018 FK design value is 1,365. (4) Recommendation of lowwall cross section A geometry with overall slope of 14° and make the width of the bench at an elevation of 65 mdpl above 30 meters.

Keywords : Blasting, Back analysis, Monte carlo, Janbu simplified, Recommendations geometry of lowwall.

1. Pendahuluan

PT. Kideco Jaya Agung telah berdiri sejak tahun 1982, setelah lebih kurang 10 tahun dalam melakukan survey, studi kelayakan dan konstruksi fasilitas pertambangan dan pengapalan tepatnya pada tahun 1992 pihak perusahaan PT. Kideco Jaya Agung menandatangani kesepakatan kontrak dengan Pemerintah Indonesia yang dituangkan dalam bentuk Perjanjian Kerjasama Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) dengan kuasa penambangan mencapai 47,500 Ha. PT Kideco Jaya Agung terletak di Desa Batu Kajang Kecamatan Batu Sopang Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur dengan metode penambangan yaitu metode *open pit mining*.

Hingga saat ini PT. Kideco Jaya Agung memiliki 6 *site* area yang telah melakukan kegiatan eksploitasi yaitu Roto Utara, Roto selatan, Roto Tengah, Samurangau A, Samurangau D, Susubang dengan cadangan yang dapat

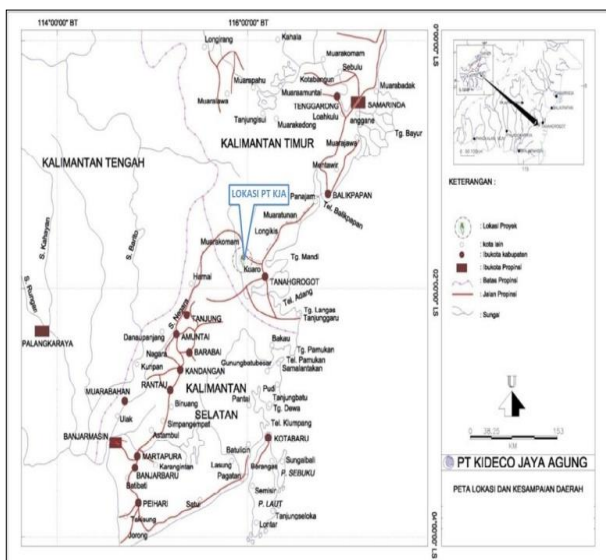
ditambang (*mineable reserve*) sebesar 651 juta ton dari total 1,4 miliar ton sumberdaya batubara, dimana eksploitasi komersial pertama pada tahun 1993 dengan target produksi 1,2 juta ton pertahun. Langkah awal kegiatan penambangan yang dilakukan di PT. Kideco Jaya Agung adalah pengupasan lapisan tanah penutup. Usaha dalam meningkatkan efisiensi dan efektifitas dari segi waktu dan *cost* terhadap perusahaan yaitu dengan melakukan kegiatan peledakan dalam pembeaian batuan penutup (*overburden*).

Salah satu lokasi yang membutuhkan perlakuan peledakan untuk pembeaian lapisan penutup yaitu *Pit X*, dimana area lokasi *pit* ini dikelola oleh kontraktor PT. Pama Persada. Peledakan yang dilakukan memberikan efek getaran yang dapat menurunkan tingkat kestabilan lereng terutama area *lowwall* ^[1]. Lokasi *Pit X* terdiri dari sisi timur yaitu area *lowwall* yang mana mengikuti kemenerusan batubara sedangkan sisi barat yaitu area *highwall*. Berdasarkan pengamatan di lapangan

kemenerusan batubara di *pit X* mengarah dari selatan ke utara. *Pit X* pernah mengalami kelongsoran yaitu pada area *low wall* penampang A tepatnya pada Tanggal 7 Mei 2018, dimana longsoran yang terjadi diidentifikasi berupa longsoran busur pada salah satu bidang perlapisan yang disebabkan oleh material *carbonaceous mudstone*. Sedangkan penampang B belum pernah terjadi kelongsoran tetapi *boundary desain* yang direkomendasikan oleh departemen *development*, hingga Bulan Juli saat penulis melakukan penelitian di perusahaan telah melebihi desain (terjadinya *overcut*). *Overcut* yang terjadi berada pada elevasi 75 mdpl hingga 66 mdpl dengan rata-rata tinggi *overcut* ±6 meter dan pada *bottom* elevasi yang di desain oleh departemen *development* yaitu 38 mdpl sedangkan aktualnya di lapangan *bottom* elevasi penambangan telah mencapai hingga 24 mdpl.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Kideco Jaya Agung berada di Kecamatan Batu Sopang dan Kecamatan Muara Komam, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis lokasi penambangan terletak antara antara 115° 49' 00" BT sampai 115° 57' 00" BT dan 01° 50' 00" LS sampai 02° 00' 00" LS. Batas wilayah daerah penelitian sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Kutai Barat dan Kabupaten Kutai Kartanegara. Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Kota Baru Provinsi Kalimantan Selatan. Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Penajam Paser Utara dan Selat Makassar.



Gambar 1. Peta Lokasi PT. Kideco Jaya Agung

3. Kajian Teori

3.1. Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang berhubungan dengan kestabilan lereng tersebut.

Kestabilan lereng merupakan faktor vital dalam perencanaan dan operasional tambang terbuka dan kuari. Dalam penyusunan suatu rencana tambang selain faktor cadangan, teknis penambangan, ekonomi dan lingkungan, faktor kestabilan lereng juga menjadi faktor penting yang harus diperhatikan dengan seksama [2].

3.2. Konsep Faktor Keamanan

Kestabilan lereng secara sederhana dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (FK), yang didefinisikan sebagai berikut:

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

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

Rumus di atas menunjukkan bahwa kondisi kesetimbangan batas adalah suatu kondisi dimana faktor keamanan sama dengan satu (FK = 1). Apabila FK lebih besar dari satu (FK > 1), maka secara teoritis blok berada dalam kondisi stabil dan apabila nilai FK lebih kecil dari satu (FK < 1) maka blok akan meluncur ke bawah [3].

3.3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

3.3.1. Geometri Lereng

Tambang terbuka tersusun atas sekumpulan lereng yang terdiri dari lereng tunggal (*single slope*) dan lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan dimensi tinggi dan sudut tertentu. Tinggi lereng adalah jarak vertikal dari bidang kaki (*toe*) hingga puncak lereng (*crest*), sedangkan sudut lereng adalah sudut yang dibuat antara garis yang menghubungkan kaki dan puncak lereng dengan garis horizontal. Pada lereng keseluruhan juga terdapat daerah yang menghubungkan antar lereng dikenal dengan jenjang penahan (*catch berm*) dan bagian lereng untuk jalan tambang yang disebut *ramp* [4].

3.3.2. Aktifitas Manusia

Aktifitas seperti penggalian dan peledakan menyebabkan perubahan keseimbangan gaya-gaya dalam sehingga akan menyebabkan bertambahnya gaya geser dan mengurangi kestabilan lereng. Pada kegiatan 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^[5].

Dalam kegiatan peledakan, pada saat ledakan terjadi terdapat dua energy yang dilepaskan dari bahan peledak yaitu *work energy* dan *waste energy*. *Work energy* merupakan energi peledakan yang menyebabkan pecahnya batuan serta terberainya tanah, energi ini merupakan energi yang diinginkan dari kegiatan peledakan. Sementara itu *waste energy* merupakan energi sisa yang tidak diinginkan karena dapat menimbulkan efek bahaya dan efek lain yang tidak menguntungkan bagi kegiatan peledakan^[6].

3.3.3. Struktur Geologi

Struktur yang dimaksud meliputi sesar (*fault*), kekar (*joint*), perlipatan (*fold*), bidang perlapisan (*bedding plane*), dan rekahan (*crack*). Struktur merupakan bidang-bidang lemah sekaligus sebagai tempat merembesnya air sehingga dapat menurunkan kestabilan lereng^[7].

3.3.4. Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Sifat fisik yang mempengaruhi kestabilan lereng antara lain bobot isi, porositas, dan kandungan air. Dalam mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan dilakukan dengan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan angka bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam pada lokasi^[8].

3.3.5. Air Tanah

Menghitung gaya yang disebabkan oleh tekanan air yang bekerja pada lereng, perlu diasumsikan pola aliran air tanah yang mungkin sama dengan kondisi di lapangan^[9].

3.4. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Keseimbangan Batas

Keseimbangan batas merupakan metode yang sangat populer dan rutin dipakai dalam analisis kestabilan lereng untuk longsor translasional dan rotasional karena metode ini relatif sederhana, mudah digunakan, serta telah terbukti kehandalannya selama bertahun-tahun^[10]. Dalam analisisnya, metode keseimbangan batas menggunakan kondisi keseimbangan statik dan mengabaikan adanya hubungan regangan tegangan pada lereng. Menggunakan metode ini, geometri bidang runtuh harus diketahui atau ditentukan terlebih dahulu.

Salah satu metode keseimbangan batas yang umum digunakan dalam analisis yaitu Metode Janbu Yang Disederhanakan (*Janbu Simplified Method*). Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu gaya geser antar irisan sama dengan nol. Metode ini memenuhi keseimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan keseimbangan gaya dalam arah horisontal untuk semua irisan, namun keseimbangan momen tidak dapat dipenuhi^[11].

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^n (c' \beta + (N-u) \beta \tan \phi') \cos \alpha}{\sum_{i=1}^n (N \sin \alpha + kW) + A} \quad (3)$$

Nilai FK tersebut kemudian dikalikan dengan f_0 yang digunakan sebagai koreksi dari pengabaian gaya geser antar irisan.

$$FK_{Janbu} = f_0 \times FK \quad (4)$$

$$f_0 = 1 + t \left(\frac{d}{L} - 1,4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right) \quad (5)$$

Besarnya nilai t bervariasi sesuai dengan jenis tanah, yaitu:

1. $t = 0,69$ untuk tanah dengan $c \neq 0$ dan $\phi = 0$.
2. $t = 0,31$ untuk tanah dengan $c = 0$ dan $\phi \neq 0$.
3. $t = 0,50$ untuk tanah dengan $c \neq 0$ dan $\phi \neq 0$.

3.5. Probabilitas Kelongsoran

Analisis kestabilan lereng dihadapkan pada berbagai kondisi ketidakpastian. Ketidakpastian menjadikan analisis kestabilan lereng dipengaruhi oleh nilai parameter yang acak yang tidak dapat direpresentasikan oleh suatu nilai spesifik melainkan cenderung berada pada suatu rentang nilai tertentu. Untuk mengakomodir sejumlah ketidakpastian tersebut, metode probabilitas perlu digunakan dengan probabilitas kelongsoran (PK) sebagai indeks kestabilan^[12].

Probabilitas Kelongsoran (PK) didefinisikan sebagai rasio antara jumlah lereng longsor hasil analisis ($FK < 1$) dengan jumlah total analisis (sampel atau simulasi) yang dinyatakan dalam persen.

$$PK = \frac{\text{numfailed} (FK < 1)}{\text{numtotal}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{atau } PK = P[FK < 1] \times 100\% \quad (7)$$

3.6. Analisis Probabilitas Dengan Simulasi Monte Carlo

Monte carlo (MC) merupakan metode yang simpel dan populer untuk mengevaluasi permasalahan berulang kali dengan parameter masukan berupa parameter acak. Simulasi Monte Carlo dikategorikan sebagai metode *sampling* karena parameter masukan acak dihasilkan dari distribusi probabilitas untuk mensimulasikan proses pengambilan sampel dari populasi yang sebenarnya.

4. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian mengenai analisis balik pada lereng *lowwall* Pit X dilakukan pada tanggal 23 Juli 2018 – 23 September 2018. Lokasi penelitian ini terletak di Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur.

4.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan (*applied research*) yaitu suatu kegiatan yang sistematis

dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian-penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini. Berbeda dengan penelitian murni, penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk dan dalam masyarakat, ataupun untuk keperluan tertentu^[13].

4.2. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Selanjutnya orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan untuk mengamati langsung kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta dapat mengangkat permasalahan yang ada untuk dijadikan topik dalam suatu penelitian.

Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa geometri lereng aktual (tinggi lereng, kemiringan lereng, dan lebar *bench*), geometri peledakan aktual, nilai getaran peledakan aktual meliputi nilai *peak particle velocity* (PPV). Data sekunder berupa peta lokasi kesampaian daerah, peta topografi lokasi penelitian, peta gologi regional, data hasil uji laboratorium (*Peak* dan *Residu*), dan data curah hujan.

4.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data, analisis data yang dilakukan antara lain:

4.3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data setelah studi literatur dan penelitian langsung dilapangan selesai dilaksanakan. Adapun data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer diambil langsung dari lapangan sedangkan data sekunder diambil berdasarkan literatur dan arsip perusahaan.

4.3.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan mengolah data sesuai dengan teori pada literatur yang ada. Setelah mendapatkan data primer dan data sekunder, dilakukan pengolahan data dengan menggabungkan kedua data tersebut. Pengolahan data yang dilakukan adalah pembuatan log bor dan model perlapisan menggunakan *software autocad*, perhitungan getaran peledakan aktual menggunakan *vibracord fx*, analisis statistik deskriptif data hasil uji laboratorium menggunakan *software SPSS23*, dan *back analysis* menggunakan *software slide*.

4.3.3. Analisis Hasil Pengolahan Data

Analisis data dilakukan dengan menganalisis dan membahas sesuai dengan pengolahan data yang sudah dilakukan mengacu pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah. Analisis hasil pengolahan data yang dilakukan antara lain:

1. Menganalisis perhitungan getaran peledakan aktual. Analisis perhitungan getaran peledakan aktual didapatkan melalui parameter di *software vibracord fx* meliputi nilai *peak particle velocity* (PPV), *peak particle acceleration* (PPA), dan *peak particle displacement* (PPD). Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk grafik dengan masing-masing nilai. Nilai yang diperoleh tersebut diolah kembali berdasarkan rekayasa engineering dan rumus rujukan dari Matsuo sehingga nilai PPA (g) dan Amaks (g) didapatkan untuk digunakan sebagai salah satu parameter yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng.
2. Analisis kestabilan rancangan lereng penambangan. Analisis kestabilan rancangan lereng penambangan melalui topografi desain Tahun 2018 dilakukan dengan penampang menggunakan metode kesetimbangan batas yaitu *Janbu Simplified*. Dimana penyelesaian masalah ini dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (*software slide*). Nilai faktor keamanan (FK) = $\geq 1,3$ dan probabilitas kelongsoran (PK) = $\leq 5\%$ digunakan sebagai kriteria untuk menilai stabilitas model lereng keseluruhan (*overall pit slope*).

4.3.4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan seluruh pengolahan data dan analisis permasalahan yang diteliti untuk memberikan alternatif pada lereng yang kritis atau tidak stabil dengan faktor keamanan yang diizinkan.

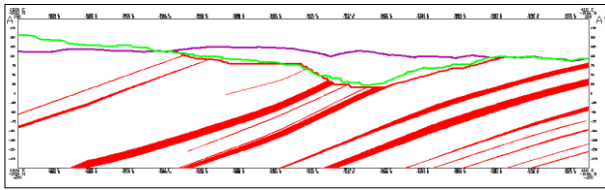
5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Penampang Melintang Lokasi Penelitian

Dalam analisis kestabilan lereng dilakukan terhadap dua (2) buah penampang yang terletak tidak berbeda jauh yaitu ± 300 meter jarak antar kedua penampang. Hasil pembaruan eksplorasi yang dilakukan oleh PT. Mintec Abadi diketahui bahwa litologi batuan bawah tanah lokasi *pit X* terdiri dari material tanah (*soil*), batu lempung (*mudstone*), batu pasir (*sandstone*), batubara (*coal*), lempung pasir (*muddy sandstone*), dan pasir lempungan (*sandy mudstone*).

Material lempung pasir (*muddy sandstone*) dan pasir lempungan (*sandy mudstone*) memiliki ketebalan lapisan yang relatif cukup tipis dan tidak diseluruh titik log bor ditemukannya material tersebut. Sehingga untuk membantu analisis geoteknik, penulis mengategorikan material penyusun lereng sebagai 3 jenis perlapisan yang terdiri dari batu lempung (*mudstone*), batu pasir (*sandstone*), dan batubara (*coal*).

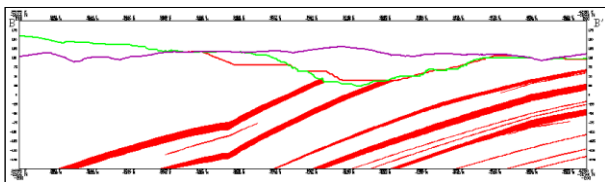
5.1.1. Penampang A



Gambar 2. Korelasi Penampang A

Area penampang A telah pernah terjadi longsoran pada bulan Mei 2018 yang disebabkan oleh adanya bidang gelincir (*bedding shear*) dan pelapukan (*weak*) pada lapisan *mudstone* yang mengakibatkan penurunan nilai kuat geser batuan. Jenis longsoran diidentifikasi adalah longsoran busur, karena longsoran mengikuti kemiringan perlapisan batuan pada salah satu material. Hal ini juga di buktikan melalui grafik bieniawski (1989) bahwa nilai kuat tekann material pada lokasi penelitian tergolong material lunak.

5.1.2. Penampang B



Gambar 3. Korelasi Penampang B

Area *Lowwall* penampang B tidak terjadi longsoran tetapi *boundary desain* yang direkomendasikan oleh departemen *development*, hingga Bulan Juli saat penulis melakukan penelitian di perusahaan telah melebihi desain (terjadinya *overcut*). *Overcut* yang terjadi berada pada elevasi 75 mdpl hingga 66 mdpl dengan rata-rata tinggi *overcut* ±6 meter dan pada *bottom* elevasi yang di desain oleh departemen *development* yaitu 38 mdpl sedangkan aktualnya di lapangan *bottom* elevasi penambangan telah mencapai hingga 24 mdpl.

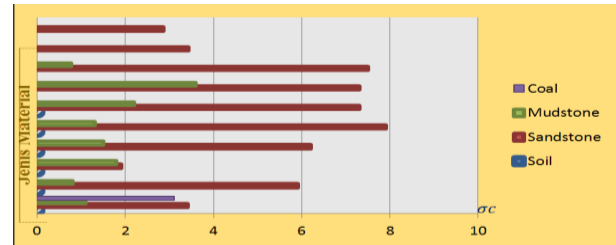
5.2. Analisis Statistik Deskriptif Data

Analisis statistik deskriptif dilakukan terhadap parameter hasil uji yang penting dalam analisis kestabilan lereng, seperti nilai bobot isi, kohesi, sudut geser dalam, dan kuat tekann. Analisis statistik deskriptif ditujukan untuk mengetahui ukuran pemusatan data (*central tendency*), ukuran penyebaran data (dispersi), dan distribusi data. *Central tendency* diukur berdasarkan nilai *mean* dan *median*, dispersi diukur berdasarkan nilai standar deviasi [14].

Data uji laboratorium yang telah diperoleh pada masing-masing material di perusahaan, kemudian dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap parameter hasil uji yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng. Berdasarkan hasil uji laboratorium yang diperoleh, analisis statistik deskriptif dilakukan hanya pada nilai kohesi dan sudut gesek dalam.

5.2.1. Data Kuat Tekan Uniaksial (*Unconfined Compressive Strength Test*)

Hasil pengujian kuat tekann masing-masing material diketahui bahwa pada material *sandstone* memiliki nilai yang paling besar, sedangkan *soil* nilai yang konstan dan rendah. Hal ini juga dapat dilihat dari diagram pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram Batang Hasil Uji Kuat Tekan *Uniaksial* (UCS)

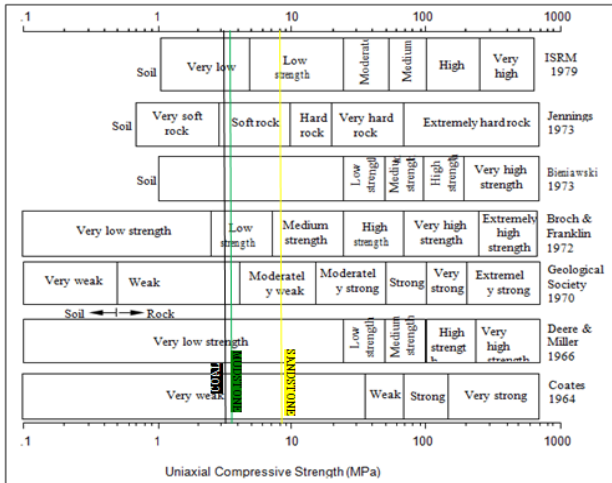
Tabel 1 berikut ini akan menampilkan hasil analisis statistik deskriptif kuat tekann berdasarkan data uji laboratorium menggunakan *software* SPSS 23.

Tabel 1. Analisis Statistik Deskriptif Kuat Tekann (MPa)

Parameter Statistik	Jenis Material		
	Sandstone	Mudstone	Soil
N	10	8	6
Mean	5.368	1.633	0.021
Median	6.050	1.400	0.020
Variance	5.044	0.867	0.00
Std. Deviation	2.245	0.931	0.004
Minimum	1.90	0.77	0.016
Maximum	7.90	3.60	0.029
Range	6.00	2.83	0.013
Skewness	-0.386	1.503	0.601
Kurtosis	-1.730	2.480	-0.943

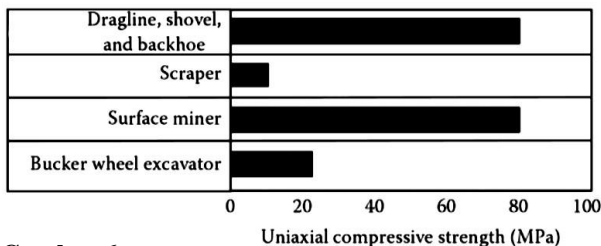
* UCS is constant when Jenis Material Coal. It has ben omitted

Tabel di atas memperlihatkan bahwa nilai kuat tekann tanah lebih rendah dibandingkan dengan nilai kuat tekann batuan, dimana nilai kuat tekann tanah memiliki rata-rata 0,021 MPa dengan nilai maksimum yaitu 0,029 MPa sedangkan kuat tekann batuan memiliki nilai maksimum yaitu 7,90 MPa pada batuan *sandstone*.



Gambar 5. Klasifikasi Batuan pada Lokasi Penyelidikan Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Menggunakan Grafik Bieniawski (1989)

Gambar 5 di atas menjelaskan bahwa dari garis material sandstone hingga ke bagian kiri pinggir adalah klasifikasi batuan pada lokasi penelitian, selain itu garis-garis berwarna menunjukkan nilai kuat tekan maksimum untuk masing-masing jenis material. Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa batuan pada lokasi penelitian tergolong sebagai batuan lunak. Pemilihan alat gali yang sesuai tidak lepas dari studi lapangan dan uji laboratorium mengenai sifat-sifat material, terutama kekuatan batuan [15]. **Gambar 6** menampilkan grafik Kolloeth (1990) yang memberikan batasan material yang dapat digali menggunakan peralatan tertentu berdasarkan nilai kuat tekan.



Gambar 6. Grafik Kemampuan Kolloeth (1990)

Nilai kuat tekan maksimum material pada daerah penelitian adalah 7,9 MPa. Berdasarkan grafik Kolloeth di atas maka semua material dapat digali menggunakan *dragline, shovel, backhoe, surface miner*, atau BWE dan bisa tidak melakukan kegiatan peledakan [16]. Aktualnya di lapangan, perusahaan melakukan kegiatan peledakan dalam membongkar batuan penutup (*overburden*) dari batuan in-situnya. Hal ini sebagai salah satu usaha yang dilakukan perusahaan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari segi waktu maupun ekonomis dari segi biaya.

5.2.2. Data Kuat Geser Langsung

Tabel 2 dan Tabel 3 berikut ini akan menampilkan hasil analisis statistik deskriptif kuat geser berdasarkan data uji laboratorium menggunakan *software* SPSS 23.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Uji Kohesi dan Sudut Geser Dalam Puncak (*Peak*)

Vr.	Parameter Statistik	Jenis Material			
		SS	MD	CO	
Kohesi Puncak (<i>Peak</i>)	Statistic	N	7	4	5
		Mean	145	124.75	117.60
		Variance	4431.67	364.92	46.30
		STD	66.571	19.10	6.80
		Minimum	45	106	109
		Maximum	248	147	125
		Range	203	41	16
		Skewness	0.235	0.300	-0.407
		Kurtosis	0.094	-3.426	-2.250
		Skewness z-value	0.25392	0.24536	-0.3712
Kurtosis z-value	0.05087	-1.3988	-1.0272		
Sudut Geser Dalam Puncak (<i>Peak</i>)	Statistic	N	7	4	5
		Mean	30	28	27.6
		Variance	1.375	1.59	17.30
		STD	1.173	1.261	4.159
		Minimum	28.54	26.39	24.7
		Maximum	31.99	29.4	34.8
		Range	3.45	3.01	10.10
		Skewness	1.268	0.995	1.85
		Kurtosis	1.406	1.815	3.60
		Skewness z-value	1.36975	0.81202	1.6855
Kurtosis z-value	0.75924	0.74103	1.64296		

*Kohesi dan Sudut Geser Dalam is constant when Jenis Material Sandy Mudstone. It has been omitted

Secara umum seperti yang terlihat pada **Tabel 2** di atas menjelaskan bahwa distribusi nilai kohesi dan sudut geser dalam puncak (*peak*) memenuhi asumsi distribusi normal, kecuali material *muddy sandstone* yang hanya memiliki satu data sehingga tidak dapat dilakukan analisis statistik deskriptif, ditunjukkan oleh nilai *skewness* dan *kurtosis z-value* yang lebih besar dari -1,96 dan kurang dari +1,96 untuk tingkat keyakinan 95% [17].

Tabel 3. Statistik Deskriptif Hasil Uji Kohesi dan Sudut Geser Dalam *Residual*

Vr.	Parameter Statistik	Jenis Material				
		SS	MD	CO	SO	
Kohesi Residual	Statistic	N	8	5	5	6
		Mean	87	72	66	11.77
		Variance	851.11	70.01	59.70	9.03
		STD	29.174	8.367	7.73	3.01
		Minimum	28	63	59	8.16
		Maximum	123	84.24	78	15.65
		Range	95	21.24	19	7.49
		Skewness	-1.416	0.883	0.950	0.381
		Kurtosis	3.50061	0.193	0.283	-1.579
		Skewness z-value	-1.6354	0.80575	0.8672	0.38117
Kurtosis z-value	2.02108	0.08813	0.12905	-0.7896		
Sudut Geser Dalam Residual	Statistic	N	7	5	5	6
		Mean	20.73	18.91	18.14	50.89
		Variance	1.846	1.527	14.66	25.59
		STD	1.36	1.24	3.83	5.06
		Minimum	18.63	17.1	14	41.08
		Maximum	22.65	20.3	24.1	54.54
		Range	4.02	3.2	10.1	13.46
		Skewness	0.002	-0.574	0.989	-1.96
		Kurtosis	-0.304	0.106	1.143	4.02
		Skewness z-value	0.00257	-0.5244	0.90308	-1.9591
Kurtosis z-value	-0.164	0.04836	0.52182	2.00945		

*Kohesi dan Sudut Geser Dalam is constant when Jenis Material Sandy Mudstone. It has been omitted

Secara umum seperti yang terlihat pada **Tabel 3** di atas menjelaskan bahwa distribusi nilai kohesi dan sudut geser dalam *residual* memenuhi asumsi distribusi normal, hanya saja pada sudut geser dalam *soil* memiliki distribusi log normal.

5.3. Muka Air Tanah

Dikarenakan kondisi pengambilan pengukuran muka air tanah pada area *pit X* tidak ada, sehingga dalam melakukan analisa peneliti mengasumsikan kondisi lereng dalam keadaan jenuh. Hal ini disebabkan dengan mempertimbangkan kemungkinan terburuk dari kondisi lereng yang akan terjadi. Penambahan air tanah akan menambah berat satuan material sehingga memperbesar beban pada lereng. Maka akan memperbesar gaya penggerak yang dapat mengakibatkan longsoran pada lereng^[18]. Asumsi ini juga didukung oleh **Gambar 7** yang memperlihatkan adanya genangan air di area *lowwall* tempat objek peneliti.



Gambar 7. Kondisi Muka Air Tanah *Lowwall*

5.4. Peledakan

Blasting (Peledakan) adalah proses pemberaian material yang memanfaatkan energi ledak dari hasil reaksi bahan-bahan peledak^[19].

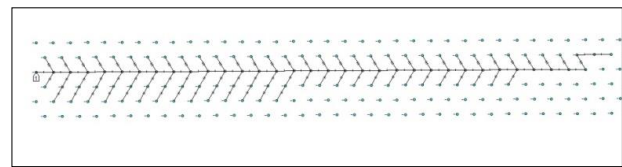
5.4.1. Geometri dan Pola Peledakan

Geometri peledakan yang dipertimbangkan sebagai parameter penting dalam analisis kestabilan lereng merupakan kegiatan peledakan selama peneliti melaksanakan penelitian yaitu di akhir bulan Juli – awal bulan September 2018 pada area *lowwall pit X* PT.Kideco Jaya Agung. Peledakan yang dilakukan di area *pit X* ditujukan untuk memberaikan batuan penutup sehingga mempermudah kegiatan produksi.

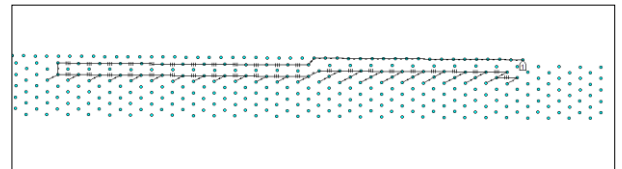
Umumnya geometri peledakan yang diterapkan di *pit X* memiliki diameter lubang ledak (D), nilai Burden (B), Spasi (S), Stemming (T) dan kedalaman lubang ledak (H) yang bervariasi, yaitu diameter lubang ledak 0.2 meter, burden 9 meter, spasi 10 meter, stemming 4 meter, dan kedalaman lubang ledak 8 meter. Pada hakikatnya geometri peledakan menyesuaikan kondisi lapangan sesuai dengan target *overburden* yang akan dikupas namun tetap harus memperhatikan efek yang ditimbulkan terhadap daerah sekitar^[20].

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang-lubang bor dalam satu baris dengan lubang

bor pada baris berikutnya. Pola peledakan ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuhnya material yang di terapkan^[21]. Pola penyalaan peledakan yang diterapkan pada saat peneliti melakukan penelitian adalah *box cut* dan *echelon*. Umumnya untuk peledakan dengan area dekat dengan lereng kritis, dilakukan teknik penyalaan *pre-split* dengan mengkombinasikannya terhadap pola penyalaan normal baik itu *box cut* atau *echelon*. Dari kedua jenis pola penyalaan ini, tetap mempertimbangkan area lereng dengan beberapa faktor meliputi *powder factor*, jumlah lubang ledak, jarak ledakan dengan lokasi lereng, dan bahan peledak yang meledak bersamaan/8 ms. Pola penyalaan *box cut* dan kombinasi *pola penyalaan box cut* serta *pre-split* dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9** dibawah ini.



Gambar 8. Pola Rangkaian *Box Cut*



Gambar 9. Pola Rangkaian Kombinasi *Box Cut* dan *Pre-Split*

5.4.2. Rekapitulasi Hasil Pengaruh Parameter Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng

Untuk mengetahui pengaruh parameter peledakan terhadap kestabilan lereng *lowwall* pada area *pit X*, dilakukan dengan menentukan hubungan antara PPA dan a_{maks} . Namun kesalahan yang sering dilakukan dalam analisis adalah nilai PPA dari hasil pengukuran dijadikan sebagai nilai a_{maks} , padahal nilai a_{maks} berbeda dengan nilai PPA. Kenyataannya nilai a_{maks} tidak dapat diperoleh dari pengukuran dan masih belum ada cara sederhana yang dapat diterima secara universal untuk menghitungnya. Nilai a_{maks} yang digunakan dalam analisis hanyalah nilai perkiraan.

Dibutuhkan suatu pendekatan menggunakan hubungan rasional antara koefisien seismik, yang digunakan sebagai input dalam analisis kestabilan lereng pada metode pseudostatik, dengan amplitudo dan durasi getaran tanah untuk menghitung perpindahan akibat getaran tersebut.

Dalam penyelesaian masalah yang terjadi, peneliti mengambil rujukan yang dikemukakan oleh beberapa peneliti ahli sebelumnya, dimana mayoritas berdasarkan analisis balik dari kasus yang sebenarnya dan kumpulan data empiris. Penentuan nilai a_{maks} oleh beberapa ahli meliputi Seed (1979) yang mengatakan nilai a_{maks} berkisar 13%-20% dari PPA, Marcuson (1981) merekomendasikan nilai a_{maks} berada di 1/3 dan 1/2 dari

PPA dan Matsuo (1984) merekomendasikan nilai a_{maks} 0,65 dari nilai PPA.

Mengingat tidak adanya nilai a_{maks} dari hasil pengukuran dan pengolahan menggunakan *software vibracord*, oleh karena itu peneliti mengambil rekomendasi yang dikeluarkan oleh Matsuo (1984) untuk mencari nilai a_{maks} getaran peledakan aktual area *lowwall pit* X. Matsuo mengemukakan rekomendasi rujukan terbaru dan nilai yang cukup akurat. Hal ini juga didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan prinsip rumus yang disusun oleh Frank J.Lucca dan Terra Dinamica LLC pada tahun 2003. Hasil pengolahan getaran peledakan menggunakan *software vibracord fx* dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut ini:

Tabel 4. Hasil Pengolahan Getaran Peledakan Menggunakan *Software Vibracord FX*

Data Pengolahan Getaran Peledakan								
Tanggal	Lokasi Peledakan	Jarak antara lokasi peledakan dengan pemantauan getaran (m)	Hasil Pemantauan & Pengolahan					
			Transversal Wave			Longitudinal Wave		
			PPV (mm/s)	PPA (mm/s ²)	PPD (mm)	PPV (mm/s)	PPA (mm/s ²)	PPD (mm)
25 Juli 2018	SMD 8-9 Wall	650	1,09	100	0,077	0,41	80	0,022
6 Agustus 2018	SMD 8-9 Wall	350	5,73	390	0,255	4,3	450	0,160
9 Agustus 2018	SMD 8-9 Wall	550	4,86	140	0,246	3,25	120	0,171
14 Agustus 2018	SMD 8-9 Wall	650	1,27	80	0,050	1,13	80	0,050
27 Agustus 2018	SMD 8-9 Wall	500	3,38	147	0,135	2,65	147	0,143
29 Agustus 2018	SMD 8-9 Wall	550	2,38	80	0,117	2,43	80	0,094
29 Agustus 2018	SMD 9-9 Wall	550	3,62	100	0,179	2,56	120	0,097
03 September 2018	SMD 9-9 Wall	400	3,03	350	0,127	1,92	450	0,078
05 September 2018	SMD 8-9 Wall	700	1,70	140	0,056	2,22	160	0,052

Hasil rangkuman pengolahan data dan pengukuran getaran tanah untuk mendapatkan nilai A_{maks} aktual terlihat pada **Tabel 5** dengan pendekatan sebagai berikut:

1. A_{maks} yaitu nilai getaran peledakan maksimum pada gelombang transversal.
2. Rujukan Matsuo dengan asumsi nilai a_{maks} berada pada 0,65 dari PPA
3. $PPA (mm/s^2) = 9841 \cdot PPA (g)$
4. $A_{maks} (mm/s^2) = 9841 \cdot A_{maks} (g)$

Tabel 5. Rangkuman Pengolahan Data dan Pengukuran Getaran Tanah Aktual Akibat Peledakan

Rangkuman				
Tanggal	PPA (mm/s ²)	PPA (g)	A_{maks} (mm/s ²)	A_{maks} (g)
25 Juli 2018	100	0.010	65	0.007
6 Agustus 2018	390	0.040	253.5	0.026
9 Agustus 2018	140	0.014	91	0.009
14 Agustus 2018	80	0.008	52	0.005
27 Agustus 2018	147	0.015	95.55	0.010
29 Agustus 2018	80	0.008	52	0.005
29 Agustus 2018	100	0.010	65	0.007
03 September 2018	350	0.036	227.5	0.023
05 September 2018	140	0.014	91	0.009

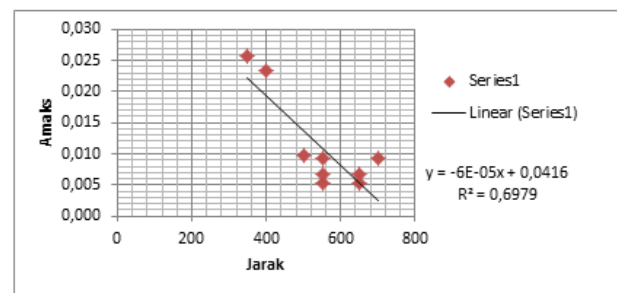
5.4.3. *Prediksi Nilai Getaran Peledakan melalui Hubungan Jarak Peledakan dan A_{maks} yang Dihasilkan*

Hasil pengukuran getaran tanah aktual yang peneliti lakukan, selain untuk memenuhi kebutuhan dalam analisis kestabilan lereng. Penulis mencoba menghubungkan jarak terhadap a_{maks} yang dihasilkan melalui regresi *linier* untuk memberikan rekomendasi prediksi nilai getaran peledakan. Nilai dari parameter

keduanya dapat dilihat pada **Tabel 6** dan *trend* yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Tabel 6. Parameter Hubungan Jarak dan Amaks Aktual

Jarak (meter)	Amaks (g)
650	0.007
350	0.026
550	0.009
650	0.005
500	0.010
550	0.005
550	0.007
400	0.023
700	0.009



Gambar 10. Prediksi Hubungan Jarak terhadap A_{maks} Aktual

Nilai prediksi a_{maks} yang dihasilkan terhadap jarak berdasarkan hasil pengukuran dapat menggunakan rumus yaitu $a_{maks} = -6 \times 10^{-5} (Jarak) - 0,0416$. Terlihat pada **Gambar 10** di atas, bahwa jarak sebanding dengan getaran yang akan dihasilkan (A_{maks} dalam satuan g), dimana semakin jauh jarak lokasi peledakan terhadap objek (lereng) maka nilai getaran yang akan dihasilkan juga semakin kecil. Jarak antara rencana peledakan selanjutnya terhadap lereng kritis yaitu ± 300 meter. Sehingga dengan menggunakan rumus *trend* pada persamaan *linier* di atas, prediksi nilai getaran peledakan yang akan dihasilkan yaitu 0,0236. Nilai getaran peledakan tersebut digunakan pada *forward analysis* rekomendasi yang diberikan untuk menjaga kestabilan lereng.

5.5. **Fungsi Distribusi Probabilitas dan Koefisien Korelasi Kohesi-Sudut Geser Dalam Residual**

5.5.1. *Fungsi Distribusi Probabilitas (Probability Density Function/PDF)*

Fungsi distribusi probabilitas menggambarkan penyebaran suatu variabel acak yang digunakan untuk memperkirakan nilai probabilitas kemunculan suatu parameter [22]. Pada penelitian ini, bentuk PDF untuk masing-masing variabel acak diasumsikan normal.

5.5.1.1. *Properties Material Kuat Geser Puncak (Peak)*

Variabel *properties material* kuat geser puncak (*peak*) diasumsikan berdistribusi normal yang terpotong atau dibatasi oleh nilai *relative minimum* dan *relative maximum* tertentu [23].

Tabel 7. *Input Bentuk dan Parameter PDF Properties Material Kuat Geser Puncak (Peak) Pada Software Slide*

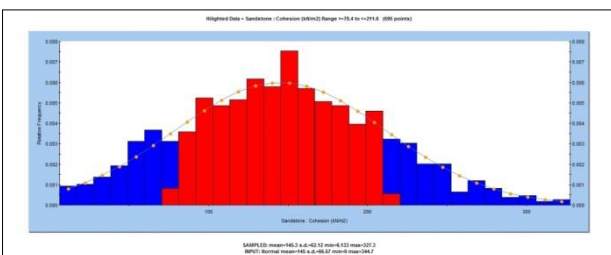
#	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Mudstone	Cohesion	Normal	125	19.1	57.31	57.31
2	Mudstone	Phi	Normal	28	1.261	3.78	3.78
3	Sandstone	Cohesion	Normal	145	66.571	145	199.71
4	Sandstone	Phi	Normal	30.8	1.173	3.52	3.52
5	Coal	Cohesion	Normal	117	6.8	20.41	20.41
6	Coal	Phi	Normal	27.6	4.159	12.48	12.48
7	Mudstone BA	Cohesion	Normal	77.5	19.1	57.31	57.31
8	Mudstone BA	Phi	Normal	17.36	1.261	3.78	3.78
9	Coal BA	Cohesion	Normal	72.54	6.8	20.41	20.41
10	Coal BA	Phi	Normal	17.112	4.159	12.48	12.48

Parameter PDF di atas, adalah nilai *mean* dan standar deviasi yang diperoleh dari hasil analisis statistik deskriptif, sedangkan nilai *relative minimum* dan *maximum* umumnya dihitung sebagai 3σ , dimana 99,7% nilai pada distribusi normal berada di sekitar *mean*. Hasil studi Hammah et al. membuktikan bahwa pemotongan (*truncation*) distribusi normal di 3σ sudah cukup baik dengan nilai hasil hitung probabilitas kelongsoran tidak jauh berbeda dibandingkan 5σ , dimana 99,9999% nilai acak dalam distribusi normal berada di sekitar rata-rata. *Relative minimum* dan *maximum* mendefinisikan jarak antara nilai minimum dan maksimum sebenarnya terhadap nilai rata-ratanya, nilai minimum dan maksimum sebenarnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Actual minimum} = \text{mean} - \text{relative minimum} \quad (8)$$

$$\text{Actual maximum} = \text{mean} + \text{relative maximum} \quad (9)$$

Mengacu pada rumus di atas, nilai *relative minimum* harus lebih kecil atau sama dengan *mean* (*rel. min.* \leq *mean*) untuk menghindari nilai *properties material* yang negatif. *Relative minimum* = *mean* akan menghasilkan distribusi dengan *minimum value* = 0, perhatikan **Gambar 11** di bawah ini:



Gambar 11. *Distribusi Variabel Acak Material Sandstone, Kohesi Puncak (Peak)*

Kohesi *sandstone* di atas, di asumsikan memiliki distribusi normal dengan nilai *relative minimum* = *mean* (145 KN/m^2) dan *relative maximum* = 3σ ($3 \times 66,571 = 199,71 \text{ KN/m}^2$), sehingga diperoleh nilai minimum

sebenarnya (*input*) = 0 KN/m^2 dan maksimum = *mean* + maksimum sebenarnya ($145 + 199,71 = 344,7 \text{ KN/m}^2$). Gambar di atas juga menjelaskan bahwa sebagian besar nilai acak yang dihasilkan (*sampled*) berada pada *mean* $\pm 1\sigma$ (69,5% atau 695 sampel dari total 1000 sampel).

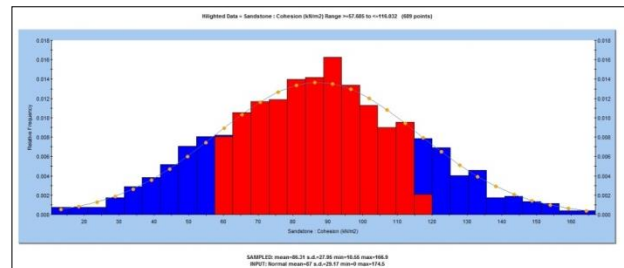
5.5.1.2. *Properties Material Kuat Geser Residual*

Analisis statistik deskriptif untuk *properties material* kuat geser residual tergolong distribusi normal, penentuan parameter statistik terlihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. *Input Bentuk dan Parameter PDF Properties Material Kuat Geser Residual Pada Software Slide*

#	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Mudstone	Cohesion	Normal	72	8.367	25.1	25.1
2	Mudstone	Phi	Normal	18.91	1.24	3.71	3.71
3	Sandstone	Cohesion	Normal	87	29.174	87	87.52
4	Sandstone	Phi	Normal	20.73	1.36	4.08	4.08
5	Coal	Cohesion	Normal	66	7.73	23.18	23.18
6	Coal	Phi	Normal	18.14	3.83	11.49	11.49

Parameter PDF di atas, adalah nilai *mean* dan standar deviasi yang diperoleh dari hasil analisis statistik deskriptif, sedangkan nilai *relative minimum* dan *maximum* umumnya dihitung sebagai 3σ , dimana 99,7% nilai pada distribusi normal berada disekitar *mean*. Sedangkan nilai *relative minimum* dan *maximum* dapat dicari menggunakan rumus yang sama pada bagian *properties material* kuat geser puncak (*peak*), perhatikan **Gambar 12** dibawah ini.



Gambar 12. *Distribusi Variabel Acak Material Sandstone, Kohesi Residual*

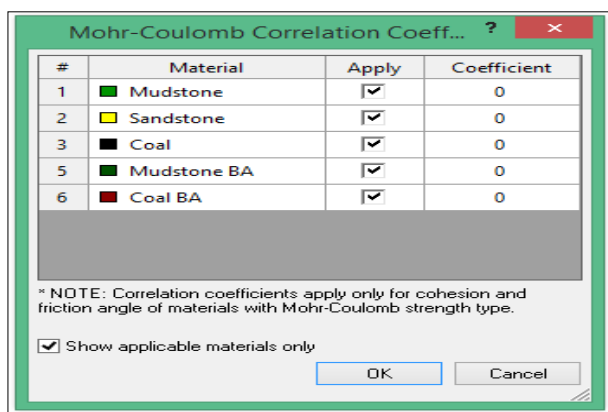
Kohesi *sandstone* di atas, di asumsikan memiliki distribusi normal dengan nilai *relative minimum* (87 KN/m^2) dan *relative maximum* = 3σ ($3 \times 29,17 = 87,52 \text{ KN/m}^2$), sehingga diperoleh nilai minimum sebenarnya (*input*) = 0 KN/m^2 dan maksimum sebenarnya = *mean* + *relative maximum* ($87 + 87,52 = 174,52 \text{ KN/m}^2$). Gambar di atas juga menjelaskan bahwa sebagian besar nilai acak yang dihasilkan (*sampled*) berada pada *mean* $\pm 1\sigma$ (68,9% atau 689 sampel dari total 1000 sampel).

5.5.2. *Koefisien Korelasi Kohesi dan Sudut Geser Dalam (Mohr-Coulomb Corelation Coefficients)*

Studi terhadap berbagai jenis tanah oleh Lumb, Grivas, dan Wolff menyimpulkan bahwa kohesi dan sudut geser dalam tanah umumnya memiliki korelasi negatif dengan koefisien korelasi antara -0,72 sampai 0,35.

Menunjukkan bahwa koefisien korelasi kohesi dan sudut geser dalam memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil hitung probabilitas kelongsoran, dimana nilai koefisien korelasi negatif akan menurunkan nilai PK (Probabilitas Kelongsoran), sebaliknya untuk koefisien korelasi positif [24].

Berdasarkan dari data yang ada, dengan mempertimbangkan keterbatasan data yang diperoleh. Analisis korelasi untuk tingkat kepercayaan cukup tinggi tidak dapat dilakukan, sehingga pada penelitian ini koefisien korelasi ditentukan sama dengan nol (lihat Gambar 13).



Gambar 13. Input Mohr-Coulomb Correlation Coefficients

5.6. Analisis Kestabilan Lereng Lowwall

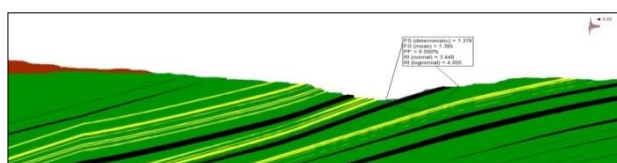
Dalam keadaan tidak terganggu (alamiah), massa batuan berada pada kesetimbangan gaya. Namun dengan adanya aktivitas-aktivitas disekitar lereng mengakibatkan terjadinya perubahan gaya [25].

Analisis geoteknik dalam penelitian ini dilakukan melalui 2 (dua) tahap yaitu *back analysis* untuk mengetahui parameter geoteknik (kohesi dan sudut gesek dalam) ketika longsor terjadi dan *forward analysis* terhadap desain tahun 2018 melalui parameter geoteknik yang diperoleh dari *back analysis*. Apabila hasil dari *forward analysis* memiliki faktor keamanan yang rendah, penulis membuat rekomendasi geometri lereng baru agar mendapatkan faktor keamanan yang optimum.

5.6.1. Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Penampang A

5.6.1.1. Back Analysis

Hasil analisis kestabilan lereng sebelum terjadinya kelongsoran menggunakan material residual laboratorium terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Analisis Topografi Bulan Uji April 2018 Menggunakan Material Peak Uji Laboratorium

Dalam analisis topografi Bulan April 2018 menggunakan material puncak (*peak*) diidentifikasi bahwa kondisi lereng berada dalam keadaan aman. Namun faktanya dilapangan, di Bulan Mei 2018 telah terjadi kelongsoran di area penampang A. Sehingga *back analysis* dilakukan untuk mengetahui parameter geoteknik (kohesi dan sudut gesek dalam) dengan nilai $FK < 1$.

Dari hasil *back analysis* pada penampang A bidang gelincir yang berpotensi longsor yaitu pada material *coal* dan dominan *mudstone*. Parameter properties material *back analysis* terlihat pada Tabel 9.

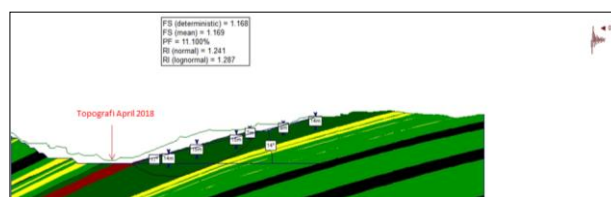
Tabel 9. Properties Material Back Analisis Penampang A

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Hu Type
Mudstone	Green	21.1	Mohr-Coulomb	125	28	Water Surface	Constant
Sandstone	Yellow	24.1	Mohr-Coulomb	145	30.8	Water Surface	Constant
Coal	Black	13.5	Mohr-Coulomb	117	27.6	Water Surface	Constant
Timbunan	Brown	19.7	Mohr-Coulomb	67.8	8	Water Surface	Constant
Mudstone BA	Dark Green	21.1	Mohr-Coulomb	77.5	17.36	Water Surface	Constant
Coal BA	Dark Red	13.5	Mohr-Coulomb	72.54	17.112	Water Surface	Constant

5.6.1.2. Forward Analysis

5.6.1.2.1. Analisis Desain Tahun 2018

Forward analysis yang penulis lakukan terhadap desain tahunan (*yearly design*) untuk mencari nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) yang dapat diterima. Dalam analisis desain tahun 2018 ini mengikuti geometri yang di rekomendasikan oleh departemen *development*. Geometri desain tahunan terlihat seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Analisis Desain Tahun 2018 Penampang A

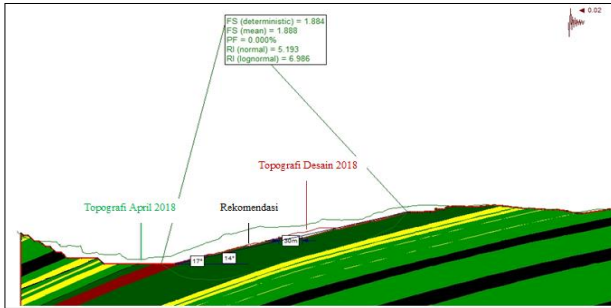
Berdasarkan *forward analysis* pada desain tahun 2018 yang di rekomendasikan oleh departemen *development* menunjukkan bahwa nilai kestabilan lereng tergolong *warning* ($1.0 < FK > 1.3$). Hal ini karena adanya penurunan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada material properties yang disebabkan oleh air tanah yang ada di lereng.

5.6.1.2.2. Rekomendasi Geometri Lereng Lowwall Penampang A

Berikut ini rekomendasi geometri lereng penampang A pada Tabel 10 serta hasil analisis desain geometri rekomendasi pada Gambar 16.

Tabel 10. Rekomendasi Geometri Lereng Penampang A

Rekomendasi Geometri Lereng						
Elevasi	Tinggi (h)	Lebar (b)	Sudut (θ)	Overall Slope (θ)	Keterangan	Hasil Analisis
89 - 77	12	5,9	17	14	Bench Lebar 1	Factor Safety : 1.888 Probability Failure : 0.000%
77 - 65	12	5,9	17		Bench Lebar 2	
65 - 53	12	30	17		Interramp	
53 - 41	12	5,9	17		Bench Lebar 3	
41 - 29	12	5,9	17		Bench Lebar 4	
29 - 17	12	5,9	17		Bench Lebar 5	
17	-	90	17		Bench Lebar 6	

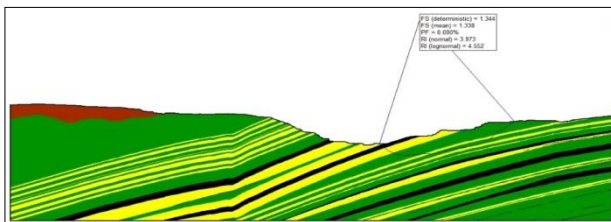


Gambar 16. Hasil Analisis Geometri Rekomendasi Penampang A

5.6.2. Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Penampang B

5.6.2.1. Back Analysis

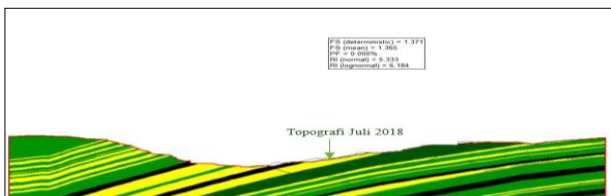
Hasil analisis kestabilan lereng *lowwall* penampang B menggunakan material residual laboratorium terlihat pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Analisis Topografi Bulan Juli 2018 Menggunakan Material Residual Uji Laboratorium

5.6.2.2. Forward Analysis

Forward analysis yang penulis lakukan menggunakan desain tahunan (*yearly design*) untuk mencari nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK). Dalam analisis desain tahun 2018, mengikuti geometri yang diberikan oleh *development* dan menyesuaikan topografi aktual pada bulan Juli 2018 apabila telah berada diluar dari desain yang direncanakan. Geometri desain tahunan terlihat seperti pada **Gambar 18**.



Gambar 18. Analisis Desain Tahun 2018 Penampang B

Berdasarkan hasil analisis desain tahun 2018 penampang B, nilai keamanan lereng tergolong aman dengan *factor safety* yaitu 1,365 dan *probability failure* yaitu 0,000% .

6. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

1. Hubungan antara jarak peledakan terhadap Amaks aktual untuk menjaga kestabilan lereng direkomendasikan yaitu $a_{maks} = -6 \times 10^{-5} (Jarak) + 0,0416$.
2. Hasil analisis balik pada daerah longsoran area *lowwall* penampang A menghasilkan nilai parameter geoteknik dengan material *mudstone*: $c=77,5 \text{ kN/m}^2$ dan $\Phi=17,36$ sedangkan *coal*: $c=72,54 \text{ kN/m}^2$ dan $\Phi=17,112$.
3. Nilai faktor keamanan lereng berdasarkan desain tahun 2018 pada area *lowwall* penampang A berada pada zona *warning* ($1.0 < FK < 1.3$) dengan faktor keamanan 1,169, *probability failure* 11,100%. Sedangkan area *lowwall* penampang B berada pada zona aman dengan faktor keamanan 1,365 dan *probability failure* 0,000%.
4. Rekomendasi geometri lereng pada penampang A berdasarkan parameter hasil analisis balik yaitu dengan diharuskan membuat *bench* lebar sebesar 30 meter untuk menahan beban yang diterima pada kaki lereng di elevasi ke 65 mdpl. Sudut lereng yang direkomendasikan dengan *overall slope* 14° dan *single slope* setiap *bench* 17° .

6.2. Saran

1. Nilai rekomendasi hubungan antara jarak peledakan terhadap a_{maks} aktual perlu dikaji lebih dalam sesuai kondisi lapangan, karena masih ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai getaran (a_{maks}).
2. Untuk menjaga kestabilan lereng utamanya harus memperhatikan dan mengikuti prosedur desain yang telah dibuat agar menghindari terjadinya *overcut*.
3. Pemantauan lereng secara berkala perlu terus dilakukan, untuk mengetahui adanya pergerakan lereng. Monitoring dapat dilakukan melalui pemasangan patok pada setiap lereng tunggal sehingga mempermudah pemantauan melalui alat *total station*.
4. Perlunya pengendalian air permukaan agar mengurangi terjadinya erosi, dengan membuat parit untuk mengarahkan aliran air pada lereng. Pada area *lowwall* X, air tanah sangat berpengaruh terhadap penurunan kekuatan material lereng, sehingga perlu dilakukan kontrol air bawah tanah dengan cara memasang *drain hole* untuk mengurangi elevasi muka air tanah.

Daftar Pustaka

- [1] Mukhammad Sofyan Rizka A, dkk. *Analisis Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Pit Roto Selatan Site Kideco, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknik Geologi **5**, 1. Semarang: Universitas Diponegoro (2017).
- [2] Fikri, M Adli dan Bambang Heriyadi. *Analisis Stabilitas Lereng Pada Pit Tambang Air Laya Barat Section C-C' PT. Bukit Asam Tbk. Sumatera Selatan*. Jurnal Bina Tambang **3**, 2 (2018).
- [3] Arif, Irwandy. *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB (2015).
- [4] Saptono, Singgih. *Pengembangan Metode Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka Batubara. Disertasi tidak diterbitkan*. Bandung: ITB (2012).
- [5] Rahim, Azhary dan Bambang Heriyadi. *Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan Pit Muara Tiga Besar Selatan PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Jurnal Bina Tambang **2**, 1 (2015).
- [6] Fahlevi, Rendy. *Analisis Pengaruh Parameter Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Highwall Pit Rama PT Arutmin Indonesia Tambang Satui Ditinjau Dari Getaran Tanah Akibat Peledakan*. Jurnal Teknik Pertambangan **2**, 3. Bandung: ITB (2012).
- [7] Karyono. *Kemantapan Lereng Batuan*. Hand out. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka UNISBA (2004).
- [8] Husien, Dasri dan Bambang Heriyadi. *Analisis Kestabilan Lereng Pit AI-Blok B di PT. Anugrah Alam Andalas Desa Muara Ketalo, Provinsi Jambi*. Jurnal Bina Tambang **3**, 1 (2018).
- [9] Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining*. 4rd. (ed). New York: Spoon Press (2004).
- [10] Arief, Saifuddin. *Konsep Dasar & Metode-metode dalam Analisis Kestabilan Lereng*. Buku kompilasi tidak diterbitkan (2007).
- [11] Arief, Saifuddin. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan*. Buku kompilasi tidak diterbitkan (2008).
- [12] Santoso, Eko, dkk. *Pendekatan Probabilistik dalam Analisis Kestabilan Lereng pada Daerah Ketidakstabilan Dinding Utara di PT. Newmont Nusa Tenggara*. Paper Prosiding TPT XXII PERHAPI (2013).
- [13] Yusuf, A. Muri. *Metodologi Penelitian Teliti & Hati-hati*. Jakarta: Prenamedia Group (2005).
- [14] Wiradani, Panji Kurnia dan Bambang Heriyadi. *Analisis Probabilitas Kelongsoran Menggunakan Metode Monte Carlo Pada Highwall Pit SB-II BK-14 PT. Trubaindo Coal Mining Site Melak, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur*. Jurnal Bina Tambang **3**, 4 (2018).
- [15] Kurniawan, Wahyu dan Bambang Heriyadi. *Analisis Metode Penggalian Batuan Berdasarkan Kriteria Indeks Kekuatan Batuan di Site Penambangan Batu Dolomite PT. Bakapindo, Kabupaten Agam, Sumatera Barat*. Jurnal Bina Tambang **3**, 3 (2018).
- [16] LPPM UPNVY. *Studi Geoteknik Untuk Penambangan Batubara PT. Senamas Energindo Mineral*. Final Report. Yogyakarta: UPNVY (2010).
- [17] Cramer, Duncan & Dennis Howitt. *The SAGE Dictionary of Statistic*. London: SAGE Publications Ltd (2004).
- [18] Teguh Nurhidayat, dkk. *Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Faktor Kestabilan Lereng Tambang*. Jurnal Teknik Geologi **6**, 2. Bandung: UNPAD (2016).
- [19] Sujiman, dkk. *Kajian Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Di Pit 4 TUC PT Mega Prima Persada, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*. Jurnal Teknik Pertambangan **2**, 1. Kutai Kartanegara: Universitas Kutai Kartanegara (2014).
- [20] Turmip, Tonni. *Analisis Getaran Peledakan Terhadap Kemantapan Lereng Highwall di Tambang Tutupan PT Adaro Indonesia*. Jurnal Teknik Pertambangan **5**, 1. Bandung: ITB (2010).
- [21] Rinaldo, Riki dan Bambang Heriyadi. *Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat*. Jurnal Bina Tambang **3**, 3 (2018).
- [22] Azizi, Masagus A. & Rr Harminuke Eko Handayani. *Karakterisasi Parameter Masukan untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus di PT. Tambang Batubara Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan)*. Paper. Prosiding Seminar Nasional AvoER Ke-3 (2011).
- [23] Pathak, Shubh, et al. *Application of Probabilistic Approach in Rock Slope Stability Analysis – Experience from Nepal*. Jurnal. Tokyo: Universal Academy Pres (2006).
- [24] El-Ramly, H., et al. *Probabilistic Slope Stability Analysis for Practice*. Jurnal. NRC Research Press (2002).
- [25] Wardana, Novandri Kusuma, dkk. *Aplikasi Pendekatan Probabilistik Dalam Analisis Kestabilan Lereng Pada Daerah Dinding Lowwall PT. Amman Mineral Nusa Tenggara*. Proceeding Seminar Nasional Geomekanika-IV, Padang (2017).