Promine Journal, June 2017, Vol. 5 (1), page 1 - 9

Mining Journal
Exploration, Exploitation
Georesource Processing
and Mine Environmental

Analisis Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Pit Roto Selatan Site Kideco, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur

(The Effect of Blasting Vibration on Slope Stability at Coal Mine Pit of South RotoSite Kideco, Batu Sopang Subdictrict, Paser Regency, East Kalimantan Province)

Mukhammad Sofyan Rizka A[1], Fahrudin[1], Narulita Santi[1]
[1]Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstract

In PT. BUMA site, there are some landslide which affected by blasting activity. Blasting activity is carried out to destroy overburden material. The purpose of this research is to know the type of landslide, the coefficient value of vibration decay from Peak Particle Acceleration (PPA), rock mass condition constant value from Peak Particle Acceleration (PPA), the Peak Particle Acceleration (PPA) value and the maximum acceleration (a_{max}) which is at a point of safe in South Roto Pit. The research methods which used are the window mapping method in several sections at South Roto Pit. Description of rock mass that includes type of rock, rock strength, degree of weathering, block shape, type and shape of discontinuity, discontinuity filler and roughness level of discontinuity. This Description of rock mass use Geological Strength Index (GSI) classification as a parameter to know the mechanical properties of rock mass (cohesion and internal shear angle). The research area has a type of toppling failure with eastward avalanche. The value of coefficient of vibration decay from PPA (k) is 44,66. The rock mass condition constant (α) is 1,802. The safe value of PPA highwall slopes area of B STA 1 value is 0,184 g and the maximum acceleration (a_{max}) value is 0,12 g. Highwall slopes area B STA 2 with PPA value is 0,0769 g and maximum acceleration (a_{max}) value is 0,05 g. Highwall slopes area C5 STA 3 with PPA value is 0,153 g and the maximum acceleration (a_{max}) value is 0,1 g. Highwall slopes area C5 STA 4 with PPA value is 0,0307 g and the maximum acceleration (a_{max}) value is 0,02 g. Overall slopes area with PPA value is 0,0307 g and maximum acceleration (a_{max}) value is 0,02 g.

Keywords: Blasting, Window Mapping, Slope Stability, Peak Particle Acceleration (PPA)

1. Pendahuluan

Kegiatan peledakan pada tambang batubara di PT. BUMA terus berlangsung setiap hari dan terus dilakukan untuk menghancurkan *overburden* agar lebih mudah untuk diambil. Pada titik tertentu dari kegiatan peledakan ini menghasilkan longsor di lokasi penelitian, sehingga dibutuhkan analisis lebih lanjut mengenai getaran peledakan berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Pada kegiatan peledakan, hanya sebagian dari total energi yang dihasilkan bahan peledak dikonsumsi untuk memecahkan batuan, sementara sisanya menjadi *waste energy* atau energi sisa (Fahlevi dkk, 2012).

Energi sisa ini dapat berupa getaran yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Energi peledakan yang menyebabkan terjadinya *elastic deformation* dapat menghasilkan *stress waves (body wave)* yang merambat melalui massa batuan. Energi yang tersisa *(seismic energy)* akan menjalar melalui batuan, mengakibatkan deformasi dalam batuan tetapi tidak memecahkan batuan, karena masih di dalam batas elastiknya. Hal ini akan menghasilkan gelombang seismik. Gelombang ini pada batas tinggi tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan juga dapat sangat mengganggu manusia. Gelombang seismik ini dirasakan oleh manusia sebagai getaran (Dowding, 1985).

* Korespodensi Penulis: (Mukhammad Sofyan Rizka A) Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Email:mukhammadsofyan.rizkaakbar@yahoo.com

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Pit Roto Selatan Area B dan C5 dari wilayah kerja PT.Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* Kideco, Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis, wilayah tersebut

terletak pada 1°50'00"- 1°57'02" LS dan 115°51'00" - 115°56'00" BT.

Tinjauan Pustaka

Geologi Regional

Secara regional wilayah kuasa pertambangan PT. BUMA *Jobsite* Kideco Jaya Agung termasuk ke dalam sub cekungan Pasir (*Pasir sub-basin*) yang berupa daerah perbukitan rendah dengan ketinggian 80-175 m di atas permukaan air laut, dan tersusun oleh satuan batuan berumur Pra-Tersier sampai Kuarter. Di sebelah barat terdapat sungai Samurangau yang mengalir ke arah timur (Gambar 2.1). Secara umum wilayah penelitian termasuk ke dalam Formasi Warukin.

Pada wilayah kuasa pertambangan PT. BUMA *Jobsite* Kideco Jaya Agung terlihat adanya struktur geologi utama berupa struktur sinklin yang memanjang dari Utara-Selatan sampai Timur Laut-Barat Daya dengan kemiringan sayap lipatan antara 10^o sampai 60^o pada beberapa tempat hampir vertikal. Lipatan yang terdapat di daerah ini adalah lipatan asimetri dimana lipatan bagian dalam lebih terjal dari bagian luar.

Longsoran Guling

Menurut Hoek dan Bray (1981) longsoran guling terjadi pada lereng terjal untuk batuan yang keras dengan bidang diskontinuitas tegak atau hampir tegak dan arahnya berlawanan dengan arah kemiringan lereng. Kondisi untuk mengguling ditentukan oleh sudut geser dalam dan kemiringan sudut bidang diskontinuitas. Longsoran dapat terjadi bila $\psi > 90^o+Ø-\alpha$, ψ adalah kemiringan bidang lemah/diskontinuitas, $Ø$ adalah sudut geser dalam dan α adalah kemiringan lereng.

Getaran Tanah Akibat Kegiatan Peledakan

Menurut Arif (2016) perkiraan nilai getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan dapat dilakukan dengan menghubungkan hasil pengukuran getaran tanah dengan parameter parameter peledakan yang mempengaruhinya. Parameter-parameter peledakan tersebut adalah yaitu jarak dari lokasi peledakan (R) dan jumlah bahan peledak yang meledak bersamaan (W). Hubungan tersebut ditunjukkan oleh konsep PPV vs *Scaled Distance* yang dinyatakan oleh US Bureau of Mines, dimana *Scaled Distance* merupakan faktor yang mempengaruhi getaran tanah yang diperoleh dari jarak pengukuran dibagi akar dari muatan bahan peledak per waktu tunda. Selengkapnya dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$PPV = k \bullet (R/\sqrt{W})^{-\alpha} = k \bullet (SD)^{-\alpha} \quad (1)$$

Keterangan:

PPV= *Peak Particle Velocity* (mm/s)

k = koefisien peluruhan getaran

α = konstanta kondisi massa batuan

R = jarak dari lokasi peledakan (m)

W =jumlah bahan peledak yang meledak bersamaan (kg)

SD = *Scaled Distance*= perbandingan jarak dengan muatan bahan peledak per waktu tunda.

Bentuk persamaan yang serupa juga berlaku untuk hubungan antara *Peak Particle Acceleration* (PPA) dengan *Scaled Distance* (SD) (Ho dkk, 1998 dan Zhao & Grzebieta, 2000 dalam Arif, 2016) yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$PPA = k \bullet (R/\sqrt{W})^{-\alpha} = k \bullet (SD)^{-\alpha} \quad (2)$$

Keterangan:

PPA= *Peak Particle Acceleration* (g)

k = koefisien peluruhan getaran

α = konstanta kondisi massa batuan

Nilai k dan α yang digunakan pada kedua persamaan di atas bukan merupakan nilai yang sama karena nilainya diperoleh dengan terlebih dahulu menentukan parameter mana yang akan digunakan (PPV atau PPA). Kedua parameter tersebut dapat diperoleh dari pengujian lapangan.

Menurut Arif (2016) secara sederhana dapat dikatakan bahwa bila gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak maka lereng akan stabil, sedangkan jika gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak maka lereng menjadi tidak stabil dan akan memicu longsoran. Konsep sederhana tersebut dikembangkan menjadi suatu cara penilaian kestabilan lereng yang dikenal dengan Faktor Keamanan (FK) yang dinyatakan sebagai berikut (Hoek & Bray, 1991 dalam Arif, 2016):

$$(FK) = \frac{(\Sigma \text{ Gaya Penahan})}{(\Sigma \text{ Gaya Penggerak})} \quad (3)$$

Gaya penggerak yang bekerja pada massa batuan yang akan longsor dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F_{penggerak} = w.\sin \Psi + m.a \cos \Psi \quad (4)$$

$$F_{penahan} = c \cdot A + (w.\cos \Psi - m.a \sin \Psi) \tan Ø \quad (5)$$

Keterangan:

a = percepatan horizontal (g)

Dari persamaan 3 dapat dilihat bahwa jika lereng menerima getaran tanah hasil peledakan sebesar a, massa batuan akan mengalami penambahan gaya penggerak dan pengurangan gaya penahan (Gambar 2.2). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa percepatan horizontal menyebabkan berkurangnya kemantapan suatu lereng.

Besarnya nilai percepatan getaran sebagai faktor seismik (a_{maks}) berhubungan dengan nilai *Peak Particle Acceleration* (PPA). Kesalahan yang sering dilakukan dalam analisis adalah menggunakan nilai PPA dari hasil pengukuran

sebagai nilai a_{maks}, padahal nilai a_{maks} berbeda dengan nilai PPA.

Kenyataannya nilai a_{maks} tidak didapat 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. Perhitungan besarnya nilai a_{maks} diusulkan oleh beberapa penulis, mayoritas berdasarkan analisis balik dari kasus yang sebenarnya dan kumpulan data empiris. Seed (1979) dalam Arif (2016) mengatakan nilai a_{maks} berkisar 13%-20% dari PPA. Marcuson (1981) dalam Arif (2016) merekomendasikan nilai a_{maks} berada di 1⁄3 dan ½ dari PPA. Matsuo (1984) dalam Arif (2016) merekomendasikan nilai a_{maks} 0,65 dari nilai PPA.

Untuk menghubungkan parameter peledakan terhadap nilai a_{maks}, sebagai koefisien seismik dalam analisis kestabilan lereng, Wong (1992) dalam Arif (2016) melakukan pendekatan antara nilai a_{maks} dan PPA dengan menggunakan persamaan berikut:

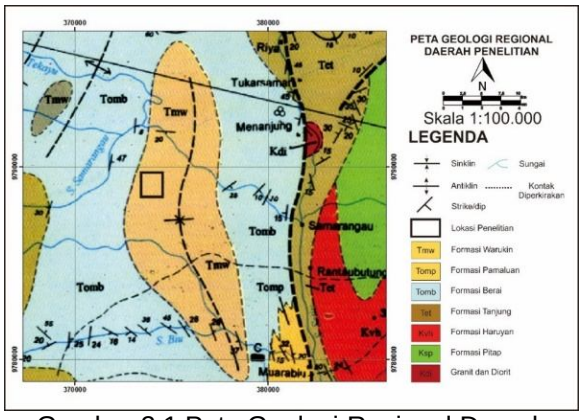
amaks = z x PPA (6)

Keterangan:

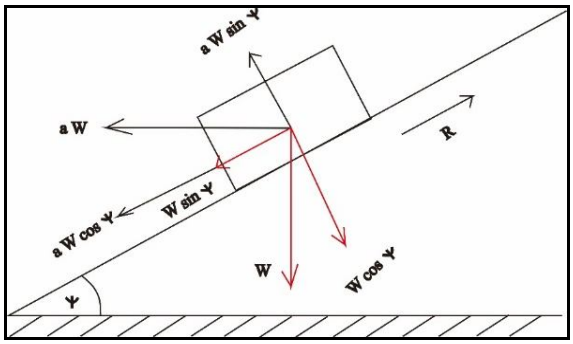
amaks = percepatan horizontal (g)

z = koefisien yang diperoleh dari respons analisis

PPA = *Peak Particle Acceleration* (g)



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian PT. BUMA *Jobsite* Kideco Jaya Agung (Data dan Arsip PT. Kideco Jaya Agung)



Gambar 2.2 Pengaruh Percepatan Terhadap Kesetimbangan Gaya (Arif, 2016)

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dari studi literatur dengan mencari referensi-referensi yang terkait dengan judul penelitian seperti getaran peledakan berpengaruh terhadap faktor keamanan lereng. Kemudian metode-metode yang digunakan untuk analisis tersebut. Selanjutnya dengan mencari data sekunder seperti peta geologi, geologi regional, geometri lereng, data getaran peledakan dan peta lokasi penelitian yang berguna untuk mengetahui kondisi pada saat di lapangan.

Setelah pengumpulan data sekunder langkah selanjutnya mencari data dengan metode observasi lapangan teknik *window mapping*. *Window mapping* berguna untuk mengetahui kondisi massa batuan langsung pada saat di lapangan. Kondisi bidang diskontinuitas dan sifat fisik batuan pada dinding area tambang dengan menggunakan klasifikasi *Geological Strength Index(GSI)*.

Berdasarkan klasifikasi GSI tersebut sebagai parameter masukan *software Roclab* untuk mendapatkan nilai sifat mekanik batuan seperti kohesi dan sudut geser dalam. Nilai tersebut diolah dengan menggunakan *software Slide v6.0* metode Morgenstern-Price.

Selanjutnya memasukkan nilai getaran peledakan yang berupa nilai a_{maks} dalam *software slide v6.0*. Pengaruh getaran peledakan dapat dilihat pada Persamaan 3 dan Gambar 2.2. Data-data yang telah diolah tersebut dijadikan acuan untuk mendapatkan tujuan dari penelitian ini.

3. Pembahasan

Kondisi Lereng Aktual

Kondisi litologi tersusun atas litologi batulempung, batupasir, dan batubara dengan tingkat pelapukan secara umum dari *slightly weathered* hingga *extremely weathered*. Formasi daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Warukin Tengah, terdiri dari napal, lanau, lempung dan lapisan pasir tipis dengan sisipan batubara. Batulempung memiliki warna abu-abu kehitaman, struktur masif, ukuran butir 1 < 256 mm (Wentworth, 1922), terdapat sisipan karbon tipis.

Penambangan batubara ini telah dilakukan sejak tahun 1990an yang dimulai dari proses pembersihan lahan dengan menggunakan *dozer.*Selanjutnya dilakukan penggalian *overburden* untuk dipindahkan ke area pembuangan/*disposal*. Setelah material *overburden* dipindahkan kemudian dilakukan penambangan batubara pada setiap *seam* nya. Kondisi elevasi pada area B dan area C5 memiliki elevasi -30m hingga 100m dengan

kondisi topografi yang curam berupa lereng perbukitan.

Window Mapping

Window mapping merupakan metode dalam mendapatkan gambaran kondisi lapangan dan menggambarkan kondisi pit pada tambang. Penelitian kali ini menggunakan metode *window mapping* untuk mengetahui jenis batuan, kondisi massa batuan, tingkat pelapukan, kekuatan batuan, bentuk blok batuan, dan kondisi diskontinuitas dengan mengabaikan spasi diskontinuitas (Wyllie dan Mah, 2004).

Kondisi lereng *highwall* barat dari bawah ke atas secara umum didominasi oleh batulempung. Lereng *highwall* barat mempunyai arah dip N 120^0 E/45^0. Litologi penyusun lereng *highwall* barat secara umum dari bawah ke atas yaitu satuan massa batupasir, batulempung, batubara, dan pasir lepas. Berikut ini deskripsi, yaitu:

Satuan Massa Batupasir

Satuan massa batupasir memiliki ukuran butir pasir kasar ½ - 1 mm (Wentworth, 1922). Warna segar kuning dan warna lapuk kuning kecoklatan. Pada batuan struktur masif dan terdapat laminasi dan perselingan dengan material pengisi berupa *calcite* dan *carbonaceous matter*. Kenampakan dari luar terlihat batuan mudah rapuh dan keadaan permukaan lembab.

Massa batupasir memiliki kondisi tingkat pelapukan *Distinctly Weathered (DW)* yang terjadi perubahan warna dan perubahan kekuatan batuan karena pelapukan.Bentuk blok batuan yaitu *irregular* dengan bentuk yang bermacam-macam dan tidak teratur. Berdasarkan segi diskontinuitas termasuk ke dalam jenis diskontinuitas kekar yaitu rekahan yang terbentuk secara alami akibat dari proses tektonik yang berpasangan. Bentuk diskontinuitas termasuk ke dalam *wavy* yaitu permukaan yang menyerupai bentuk seperti gelombang.

Satuan Massa Batulempung

Satuan massa batulempung memiliki ukuran butir lempung <1/256 mm (Wentworth, 1922). Warna segar abu-abu dan warna lapuk abu-abu kecoklatan. Pada batuan struktur masif dan terdapat banyak rekahan karena sifatnya yang *swelling* yaitu ketika hujan mengembang tetapi ketika kering menyusut dengan material pengisi tidak ada. Kenampakan dari luar terlihat batuan masif dan keadaan permukaan kering.

Massa batulempung memiliki kondisi tingkat pelapukan *Distinctly Weathered (DW)* yang terjadi perubahan warna dan perubahan kekuatan batuan karena pelapukan.Bentuk blok batuan yaitu *irregular* dengan bentuk yang bermacam-macam dan tidak teratur. Bentuk diskontinuitasnya termasuk ke dalam *wavy* yaitu permukaan yang menyerupai bentuk seperti gelombang dan *stepped* yaitu permukaan seperti anak tangga.

Satuan Massa Batubara

Satuan massa batubara memiliki warna segar hitam dan warna lapuk hitam kecoklatan. Pada batuan ini struktur masif dan terdapat *cleat* dengan material pengisi tidak ada. Kenampakan dari luar terlihat batuan mudah rapuh jika dipegang.

Massa batubara memiliki kondisi tingkat pelapukan *Slightly Weathered (SW)* karena sedikit terjadi perubahan warna dan kekuatan batuan.Bentuk blok batuan yaitu *columnar* dengan bentuk yang memanjang seperti menyerupai balok. Bentuk diskontinuitas termasuk ke dalam *stepped* yaitu permukaan seperti anak tangga dan permukaan kasar.

Satuan Pasir Lepas

Satuan pasir lepas memiliki ukuran butir pasir kasar ½ - 1 mm (Wentworth, 1922). Warna segar coklat dan warna lapuk coklat kehitaman. Pada pasir lepas merupakan hasil pelapukan dari batupasir akibat perubahan cuaca dan suhu. Kenampakan dari luar terlihat sangat terurai dan keadaan permukaan lembab. Pasir lepas memiliki kondisi tingkat pelapukan *Extremely Weathered (XW)* karena dapat mudah dibentuk dengan tangan.

Nilai GSI Massa Batuan

Cara memperkirakan nilai kekuatan massa batuan salah satunya dengan cara menggunakan klasifikasi *Geological Strength Index (GSI)* untuk menilai tingkat kekuatan karakteristik massa batuan di lapangan. GSI dipublikasikan oleh Hoek (1995), yaitu berupa sistem untuk menilai kekuatan batuan berdasarkan reduksi kekuatan batuan dari struktur rekahan dan kondisi permukaan. Nilai GSI digunakan untuk menentukan nilai sifat mekanik batuan seperti kohesi dan sudut geser dalam dengan menggunakan *software Roclab*.Estimasi nilai GSI pada massa batulempung adalah 55, massa batupasir adalah 35, massa batubara adalah 45 dan pasir lepas memiliki nilai GSI 25.

Analisis Kinematik

Adanya bidang diskontinuitas pada dinding tambang mengakibatkan massa batuan menjadi berkurang kestabilannya. Pada area *highwall*, ditemukan banyak bidang diskontinuitas dengan orientasi yang berbeda-beda. Diskontinuitas memiliki banyak orientasi yang berbeda dan kondisi diskontinuitas tidak menerus sehingga dapat dilakukan analisis kinematik yang

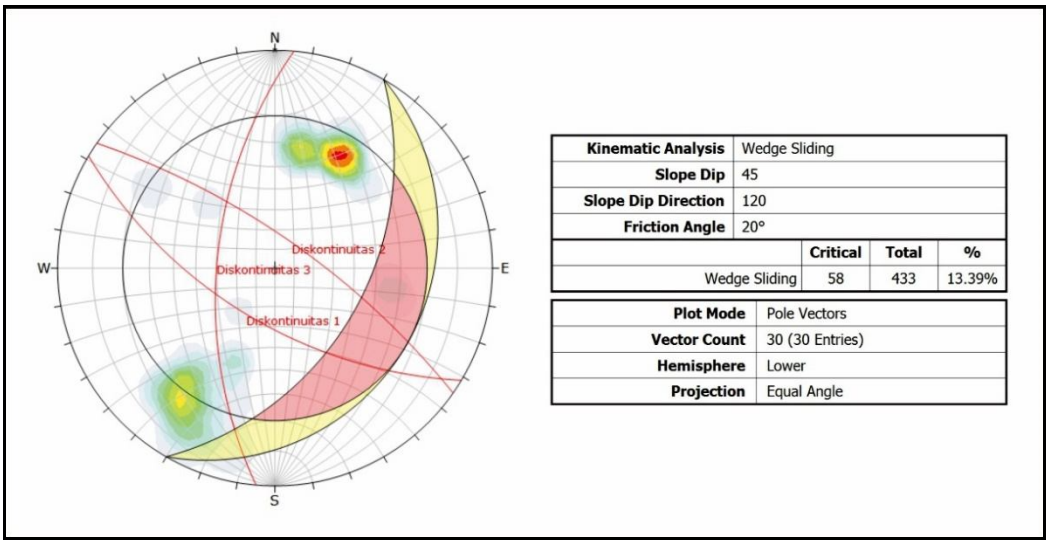
bertujuan untuk mengetahui potensi longsoran. Analisis kinematik menggunakan *software Dips*, dengan parameter arah lereng, kemiringan lereng, orientasi diskontinuitas, dan sudut geser dalam.Pada penelitian STA yang diamati, yaitu:

Area B

Area B terletak di koordinat 875N, 875E. Pengukuran dilakukan pada bagian *interburden* berupa massa batupasir. Pengukuran struktur sebanyak 15 pasang dan memiliki sudut geser dalam sebesar 20^o. Berdasarkan hasil proyeksi stereografis menunjukkan bahwa arah kemiringan bidang diskontinuitasnya berlawanan arah dengan kemiringan lereng dengan sudut kemiringan bidang diskontinuitas hampir sama besar dengan kemiringan permukaan lereng maka dapat diinterpretasikan bahwa tipe longsoran pada lereng *highwall* barat area B adalah tipe longsoran guling (Hoek dan Bray, 1981) dengan arah longsoran relatif timur dengan probabilitas terjadinya longsor sebesar 13,39% dari total 433 data titik perpotongan (Gambar 3.1).

Area C5

Area C5 terletak di koordinat -1100N, 1100E. Pengukuran dilakukan pada bagian *interburden* berupa massa batupasir. Pengukuran struktur sebanyak 15 pasang dan memiliki sudut geser dalam sebesar 19^o. Berdasarkan hasil proyeksi stereografis menunjukkan bahwa arah kemiringan bidang diskontinuitasnya berlawanan arah dengan kemiringan lereng dengan sudut kemiringan bidang diskontinuitas hampir sama besar dengan kemiringan permukaan lereng maka dapat diinterpretasikan bahwa tipe longsoran pada lereng *highwall* barat area C5 adalah tipe longsoran guling (Hoek dan Bray, 1981) dengan arah longsoran relatif timur dengan probabilitas terjadinya longsor sebesar 16,59% dari total 434 data titik perpotongan (Gambar 3.2).

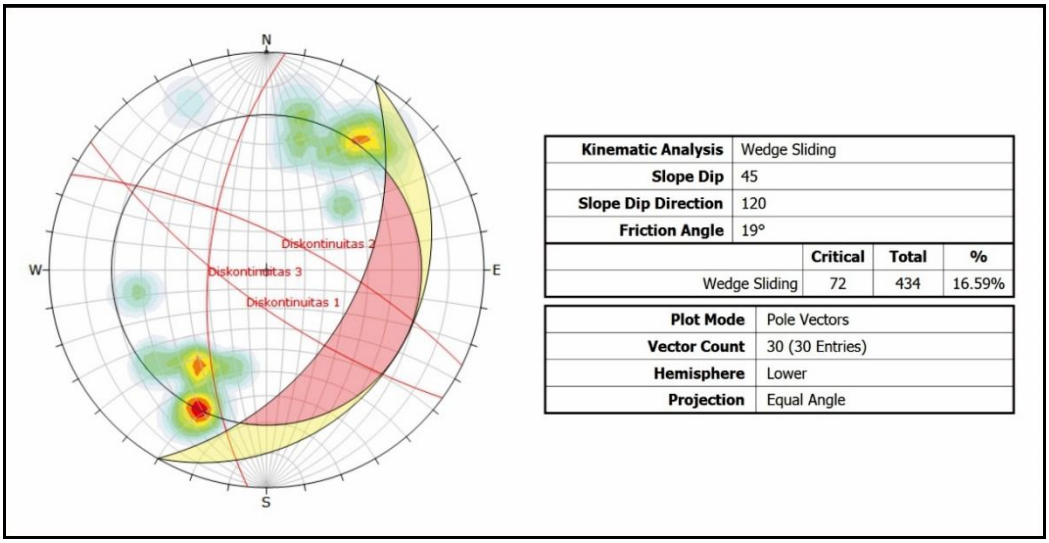


Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	120
Friction Angle	20°

	Critical	**Total**	**%**
Wedge Sliding	58	433	13.39%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gambar 3.1 Analisis Kinematik Pada Area B



Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	45
Slope Dip Direction	120
Friction Angle	19°

	Critical	**Total**	**%**
Wedge Sliding	72	434	16.59%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Gambar 3.2 Analisis Kinematik Pada Area C5

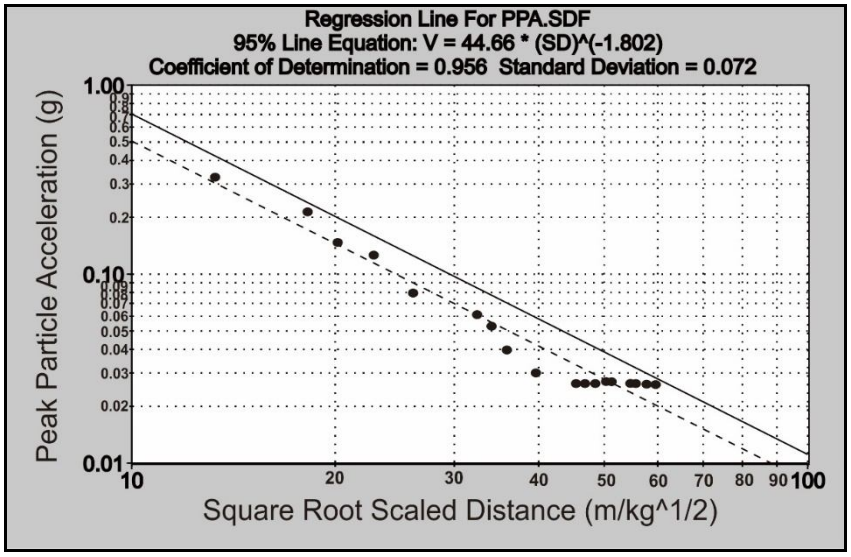
Hubungan *Scaled Distance* dengan PPA

Analisis hubungan parameter peledakan terhadap nilai percepatan partikel puncak yang diperoleh dari hasil pengukuran getaran tanah akibat peledakan. Selanjutnya dilakukan dengan membuat kurva antara *Scaled Distance (SD)* yang mewakili parameter peledakan terhadap PPA hasil pengukuran getaran tanah akibat peledakan sehingga dihasilkan persamaan yang menunjukkan hubungan keduanya (Basuki, 2011). Parameter seperti nilai PPA dan *Scaled Distance (SD)* dapat dihubungkan melalui kurva yang dibuat melalui *software Blastware* untuk mendapatkan nilai koefisien peluruhan getaran (k) dan konstanta kondisi massa batuan (α) yang berlaku di Pit Roto Selatan.

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara *Peak Particle Acceleration (PPA)* dengan *Scaled Distance (SD*) adalah:

$$PPA = k \bullet (R/\sqrt{W})^{-\alpha} = k \bullet (SD)^{-\alpha} \quad (7)$$

Berdasarkan hasil dari analisis software Blastware dengan memakai fungsi *Square Root Scaled Distance* didapatkan nilai untuk koefisien peluruhan getaran (k) sebesar 44,66 dan konstanta kondisi massa batuan (α) sebesar 1,802 (Gambar 3.3).



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara *Peak Particle Acceleration (PPA)* dengan *Scaled Distance (SD)*

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng pada penelitian kali ini dilakukan di dua lokasi yang berbeda yaitu di Area B dan Area C5 tetapi masih dalam satu Pit yang sama. Area B terletak di sebelah utara sedangkan Area C5 terletak di sebelah selatan. Lereng yang dianalisis yaitu lereng *highwall* sisi barat dengan tinggi lereng rata-rata 100 m. Pada Area B terdapat dua sayatan lereng yang akan dianalisis sedangkan Area C5 terdapat dua sayatan lereng yang akan di analisis. Tujuan dari analisis kestabilan lereng untuk mengetahui nilai faktor keamanan sebuah lereng yang dianggap aman untuk aktivitas pertambangan. Selanjutnya adakah pengaruh dari getaran peledakan terhadap suatu lereng. Setiap lereng mempunyai kondisi lereng serta kemiringan yang berbeda-beda maka dari itu perlu dilakukan analisis.

Lereng *Highwall* Area B STA 1

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *software slide v6.0* yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 lereng *highwall* menggunakan metode morgenstern-price nilai faktor keamanan yang didapat yaitu 1,84 jika tanpa getaran peledakan yang termasuk dalam kondisi lereng aman. Batas aman nilai percepatan maksimum pada lereng *highwall* Area B STA 1 yaitu sebesar 0,12 dengan nilai Faktor Keamanan (FK) yang dihasilkan sebesar 1,308. Getaran peledakan juga berpengaruh besar terhadap kekuatan lereng. Jika nilai getaran semakin besar maka lereng akan semakin mudah untuk terjadi longsor.

Lereng *Highwall* Area B STA 2

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *software slide v6.0* yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 lereng *highwall* menggunakan metode morgenstern-price nilai faktor keamanan yang didapat yaitu 1,498 jika tanpa getaran peledakan yang termasuk dalam kondisi lereng aman. Batas aman nilai percepatan maksimum pada lereng *highwall*Area B STA 2 yaitu sebesar 0,05 dengan nilai Faktor Keamanan (FK) yang dihasilkan sebesar 1,326. Getaran peledakan juga berpengaruh besar terhadap kekuatan lereng. Jika nilai getaran

semakin besar maka lereng akan semakin mudah untuk terjadi longsor.

Lereng *Highwall* Area C5 STA 3

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *software slide v6.0* yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 lereng *highwall* menggunakan metode morgenstern-price nilai faktor keamanan yang didapat yaitu 1,687 jika tanpa getaran peledakan yang termasuk dalam kondisi lereng aman. Batas aman nilai percepatan maksimum pada lereng *highwall* Area C5 STA 3 yaitu sebesar 0,1 dengan nilai Faktor Keamanan (FK) yang dihasilkan sebesar 1,308. Getaran peledakan juga berpengaruh besar terhadap kekuatan lereng. Jika nilai getaran semakin besar maka lereng akan semakin mudah untuk terjadi longsor.

Tabel 3.1Nilai Faktor Keamanan dengan Pengaruh Getaran Peledakan

Percepatan Maksimum (g)	Faktor Keamanan (FK)
0	1,84
0,01	1,781
0,02	1,725
0,03	1,672
0,04	1,622
0,05	1,575
0,06	1,531
0,07	1,49
0,08	1,45
0,09	1,411
0,1	1,375
0,11	1,341
0,12	1,308
0,13	1,277
0,14	1,248
0,15	1,219
0,16	1,192
0,17	1,166
0,18	1,141
0,19	1,117
0,2	1,089
0,21	1,066
0,22	1,051
0,23	1,03
0,24	1,012
0,25	0,989
0,26	0,972
0,27	0,954
0,28	0,938
0,29	0,922
0,3	0,905

Tabel 3.2Nilai Faktor Keamanan dengan Pengaruh Getaran Peledakan

Percepatan Maksimum (g)	Faktor Keamanan (FK)
0	1,498
0,01	1,46
0,02	1,423
0,03	1,383
0,04	1,351
0,05	1,326
0,06	1,289
0,07	1,265
0,08	1,232
0,09	1,206
0,1	1,181
0,11	1,157
0,12	1,134
0,13	1,112
0,14	1,09
0,15	1,069
0,16	1,049
0,17	1,03
0,18	1,01
0,19	0,995
0,2	0,974
0,21	0,959
0,22	0,942
0,23	0,927
0,24	0,911
0,25	0,894
0,26	0,879
0,27	0,865
0,28	0,857
0,29	0,838
0,3	0,825

Tabel 3.3 Nilai Faktor Keamanan dengan Pengaruh Getaran Peledakan

Percepatan Maksimum (g)	Faktor Keamanan (FK)
0	1,687
0,01	1,643
0,02	1,598
0,03	1,561

0,04	1,521
0,05	1,482
0,06	1,446
0,07	1,407
0,08	1,373
0,09	1,341
0,1	1,308
0,11	1,278
0,12	1,249
0,13	1,224
0,14	1,198
0,15	1,172
0,16	1,144
0,17	1,119
0,18	1,096
0,19	1,074
0,2	1,053
0,21	1,032
0,22	1,012
0,23	0,992
0,24	0,974
0,25	0,956
0,26	0,938
0,27	0,92
0,28	0,905
0,29	0,888
0,3	0,873

Lereng Highwall Area C5 STA 4

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *software slide v6.0* yang ditunjukkan pada Tabel 3.4 lereng *highwall* menggunakan metode morgenstern-price nilai faktor keamanan yang didapat yaitu 1,396 jika tanpa getaran peledakan yang termasuk dalam kondisi lereng aman. Batas aman nilai percepatan maksimum pada lereng *highwall* Area C5 STA 4 yaitu sebesar 0,02 dengan nilai Faktor Keamanan (FK) yang dihasilkan sebesar 1,326. Getaran peledakan juga berpengaruh besar terhadap kekuatan lereng. Jika nilai getaran semakin besar maka lereng akan semakin mudah untuk terjadi longsor.

Tabel 3.4 Nilai Faktor Keamanan dengan Pengaruh Getaran Peledakan

Percepatan Maksimum (g)	Faktor Keamanan (FK)
0	1,396
0,01	1,36
0,02	1,326
0,03	1,294
0,04	1,261
0,05	1,232
0,06	1,204
0,07	1,177
0,08	1,151
0,09	1,123
0,1	1,1
0,11	1,078
0,12	1,056
0,13	1,036
0,14	1,015
0,15	0,995
0,16	0,975
0,17	0,955
0,18	0,939
0,19	0,921
0,2	0,906
0,21	0,891
0,22	0,874
0,23	0,859
0,24	0,844
0,25	0,83
0,26	0,82
0,27	0,804
0,28	0,792
0,29	0,779
0,3	0,766

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Daerah penelitian memiliki tipe longsoran guling (Hoek dan Bray, 1981) dengan arah longsoran relatif timur, probabilitas terjadinya longsor sebesar 13,39% untuk Area B dan sebesar 16,59% untuk Area C5.
2. Nilai koefisien peluruhan getaran dari PPA (k) yaitu sebesar 44,66 dan konstanta kondisi massa batuan (α) yaitu sebesar 1,802 yang berlaku pada Pit Roto Selatan.
3. Nilai yang aman untuk masing-masing lereng dan keseluruhan lereng yaitu:

a. Nilai yang aman pada lereng *highwall* area B STA 1 AreaB STA 1 *Peak Particle Acceleration (PPA)* 0,184 g dan Percepatan Maksimum (a_{maks}) 0,12 g.
b. Area BSTA 2 *Peak Particle Acceleration (PPA)* 0,0769 g danPercepatan Maksimum (a_{maks}) 0,05 g.
c. Area C5STA 3 *Peak Particle Acceleration (PPA)* 0,153 g danPercepatan Maksimum (a_{maks}) 0,1 g.
d. Area C5STA 4 *Peak Particle Acceleration (PPA)* 0,0307 g danPercepatan Maksimum (a_{maks}) 0,02 g.
e. Keseluruhan Lereng*Peak Particle Acceleration (PPA)* 0,0307 g danPercepatan Maksimum (a_{maks}) 0,02 g.

Daftar Pustaka

Arif, I., 2016,*Geoteknik Tambang*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Basuki, Susanto., 2011,*Tugas Akhir:Analisis Kestabilan Lereng Section 10 Akibat Pengaruh Getaran Peledakan dan Air Tanah PT Pama Persada,* Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Departemen Engineering PT Kideco Jaya Agung, 2010, *Data dan Arsip PT. Kideco Jaya Agung,* Kalimantan Timur (Tidak diterbitkan).

Dowding, C.H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control,*England: Routledge.

Fahlevi, Rendy., Sulistianto, Budi., dan Husni, Bustanil.,2012, *Perangkat Lunak Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan,*Bandung: Program Studi Teknik Pertambangan, FTTM-ITB.

Hoek, E., dan Bray, J.W., 1981,*Rock Slope Engineering3rd Edition*, London: The Institution of Mining and Metallurgy.

Hoek, E., Kaiser P.K., dan Bawden W.F., 1995,*Support of Underground Excavations in Hard Rock*, Rotterdam: Balkema.

Morgenstern, N. R., dan Price, V. E., 1965,*The Analysis of The Stability of General Slip Surfaces*,London: The Institution of Civil Engineers.

Wentworth, C.K., 1922, A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments,*Journal of Geology, Vol. XXX, p. 377-392.*

Wyllie, D.C., & Mah, Christopher.W., 2004, *Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th*