

Pengaruh Getaran Tanah Akibat Peledakan Terhadap Kemantapan Lereng Tambang Air Laya Selatan PT Bukit Asam (Persero) Tbk

(Ground Vibration Effect Due to Blasting On Slope Stability of Tambang Air Laya Selatan In PT Bukit Asam (Persero) Tbk)

Nur Amaliya¹, Abrianto Akuan² Mardiah²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

Abstract

Rock blasting operation generate deformation as a result of the vibration that will destruct rock mass and cause slope failure to endanger the human safety. There are so many geological structures such as fault, joint and structures that caused the failure slope in South Air Laya Mine Site. Therefore it is necessary to conduct a research of the influence of blast vibration on slope stability factor around the area. Stability factor value (FK) was obtained from calculation of Geoslope 2007. Test of Physical and mechanical parameter value included value of weight content of soil / rock (γ_w) with kn/m^3 unit, cohesion (C), shear angle (ϕ), plasticity index value (IP) as well as the compressive strenght (UCS). Vibration value was obtained from the measurement of vibration using Blasmate^{III}. Vibration value used is Peak Acceleration Tranverse (the greatest point taken). Furthermore, physical and mechanical parameters data of rock and vibration was processed by using Geoslope2007 software. Based on research conducted for 50 days by blasting as many as 15 times. Vibration value used is 3 vibration greatest value, namely 0.102 g; 0.086 g and 0.084 g. The calculation of slope FK value using Geoslope2007 software was obtained the comparison between slope FK before and after blasting. Slope FK value before blasting was 3,744 to 4,058 and slope FK after blasting was 3,422 to 2,783. From the overall of slope FK value, slope in blasting area was concluded in safe category ($FK > 1,25$).

Keywords: blasting, soil vibration, slope stability factor, geoslope2007.

1. Pendahuluan

Dalam industri pertambangan sering dijumpai sifat batuan yang relatif keras. Seiring berkembangnya teknologi, ditemukan solusi untuk memberaikan batuan tersebut yaitu dengan proses peledakan. Kegiatan peledakan, tidak dapat dipisahkan dari kerusakan massa batuan. Operasi peledakan menghasilkan deformasi batuan (perubahan bentuk) akibat dari adanya getaran tanah berupa gelombang seismik. Getaran inilah yang menyebabkan kerusakan massa batuan dan terjadinya kelongsoran lereng yang membahayakan keselamatan manusia.

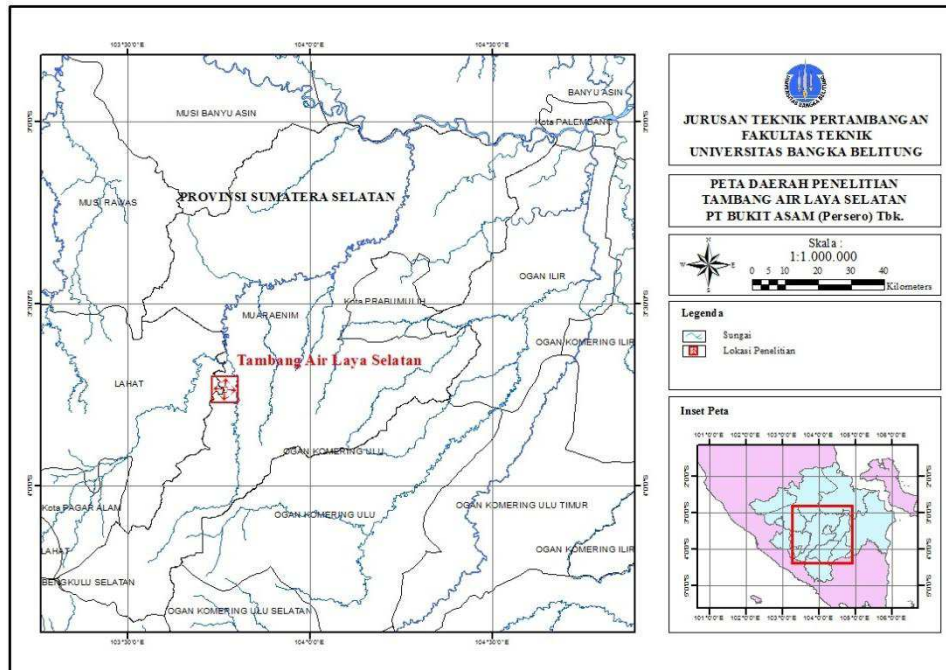
Pada area penambangan Pit Tambang Air Laya (TAL) Selatan (Curuk Pangkul), terdapat banyak struktur geologi seperti sesar, kekar, dan struktur-struktur yang terbentuk dari hasil intrusi

yang menyebabkan lereng sekitar area penambangan rawan terjadi longsor. FK lereng didapatkan dari perhitungan menggunakan Geoslope2007, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh getaran tanah akibat peledakan terhadap FK lereng yang berada di sekitar daerah tersebut.

Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi tersebut dihubungkan dengan jalan darat ke arah barat daya sejauh ± 200 km dan jalan kereta api sejauh ± 165 km dari Kota Palembang (Gambar 1). Secara geografis lokasi PT Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE terletak pada posisi $03^{\circ}42'30''$ LS – $04^{\circ}47'30''$ LS dan $103^{\circ}45'00''$ BT – $103^{\circ}50'10''$ BT dengan luasan WIUP yang dimiliki PTBA-UPTE seluas ± 7.700 ha yang meliputi wilayah Tanjung Enim dan sekitarnya yang terdiri dari Tambang Air Laya (TAL) dan Non Air Laya (NAL).

* Korespodensi Penulis: (Nur Amaliya) Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung. Jl Kampus Terpadu Balunijuk, E-mail : emilzetka@gmail.com. No. Hp : 089635974272



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tinjauan Pustaka

Geologi Regional

Pola struktur stratigrafi Tambang Air Laya (TAL) dipengaruhi faktor utama akibat proses intrusi batuan bekuandesit. Litologi yang utama dijumpai di daerah TAL termasuk ke dalam Formasi Muara Enim. Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Bekanat. Formasi ini berumur Miosen Atas yang tersusun oleh batupasir lempungan dan batubara. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut Neritik sampai rawa, dengan ketebalan berkisar antara 150 – 750 m (Anonim, 2008).

Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menggambarkan penjaralan energi melalui bumi yang padat (Pulungan dkk, 2012). Gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Gelombang badan: merupakan gelombang yang merambat melalui medium dan menembus ke bagian dalam medium. Gelombang badan dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang longitudinal dan transversal.
2. Gelombang permukaan: merambat di atas permukaan batuan tetapi tidak menembus batuan (Klark, 1983). Ada dua macam gelombang permukaan, yaitu gelombang *Love* dan *Rayleigh*.

Parameter Getaran

Parameter dasar getaran perpindahan, kecepatan, dan percepatan merupakan sifat-sifat

dasar gelombang. Parameter dasar getaran didefinisikan sebagai berikut (Anonim, 2003):

1. *Displacement*: Perpindahan jarak partikel medium dari posisi semula, dinyatakan dalam satuan panjang (mm, inch).
2. *Velocity*: kecepatan partikel medium ketika bergerak meninggalkan posisi semuladinyatakan dalam mm/detik, inch/detik.
3. *Acceleration*: Gaya yang menyebabkan perubahan kecepatan partikel. Gaya getaran partikel sebanding dengan percepatan partikel dan diukur dalam satuan g (percepatan gravitasi = $32,2 \text{ ft/dt}^2$ atau $9,8 \text{ m/dt}^2$). Percepatan partikel maksimum disebut *Peak Particle Acceleration* (PPA) (Persamaan 1).

$$PPA = \frac{\text{Jaraklerengterdekat}}{\text{jarak titik pantau}} \times \text{rerata PPA transv} \quad (1)$$

Alat Pengukur Getaran Tanah

Alat umum untuk mengukur getaran tanah hasil peledakan adalah *Blastmate*^{III} pada Gambar 2 (Anonim, 2003). Prinsip kerja *Blastmate*^{III} berupa getaran mekanis dari kegiatan peledakan diterima sensor *geophone* diubah menjadi getaran listrik, lalu diproses menjadi bentuk *numeric* dan disimpan dalam *memory* alat dan dapat dilihat secara mendetail melalui komputer.

Nilai percepatan yang digunakan adalah pada arah transversal dan longitudinal. Percepatan pada arah vertikal tidak digunakan karena tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kestabilan lereng menurut Kartodharmo (1996).

Gambar 2. Blastmate^{III}

Geometri Peledakan

Menurut R. L. Ash (1990), penentuan geometri peledakan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. *Burden* (B): Perhitungan dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$B = K_{b_{\text{terkoreksi}}} \times D_e \quad (2)$$

Keterangan :

B = *Burden* (ft)

K_b = *Burden correction*

D_e = *Diameter lubang ledak (inch)*

Menentukan harga K_b dapat dihitung dengan Persamaan 3 dan 4.

$$K_b = K_{b_{\text{std}}} \times Af_1 \times Af_2$$

$$Af_1 = \left[\frac{D_{\text{standar}}}{D} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

$$Af_2 = \left[\frac{SG \cdot Ve^2}{SG_{\text{standar}} \cdot Ve_{\text{standar}}^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Keterangan :

Af₁ = Faktor yang disesuaikan untuk batuan yang akan diledakkan.

Af₂ = Faktor yang disesuaikan untuk bahan peledak yang dipakai.

D_e = *Diameter lubang ledak (m)*

D = *Bobot isi batuan yang akan diledakkan (gr/cc).*

D_{std} = *Bobot isi batuan standar (160 lb/cuft = 2,82 gr/cc).*

B = *Burden (m).*

K_b = *Burden ratio.*

K_{b_{std}} = *Burden ratio standar (30).*

SG = *Berat jenis peledak yang dipakai (gr/cc).*

SG_{std} = *Berat jenis peledak standar (1,20 gr/cc)*

Ve = *VoD bahan peledak yang dipakai (m/s)*

Ve_{std} = *VoD bahan peledak standar (12.000 fps)*

2. *Spacing* (S): Berikut adalah perhitungan nilai spasi, dengan Persamaan 5.

$$S = K_s \times B \quad (5)$$

Keterangan :

S = *Spacing (m)*

K_s = *Spacing Correction (1-2)*

B = *Burden (m)*

3. *Stemming* (T): berfungsi sebagai penahan agar energi ledakan terkurung dengan baik sehingga dapat menekan dengan kekuatan yang maksimal. Perhitungan menggunakan Persamaan 6.

$$A = K_T \times B \quad (6)$$

Keterangan :

A = *Stemming (m).*

K_T = *Stemming Correction (0,5 - 1).*

B = *Burden (m).*

4. *Kedalaman lubang ledak* (H): Perhitungan dapat dihitung dengan Persamaan 8.

$$H = K_h \times B \quad (8)$$

Keterangan :

H = *Kedalaman Lubang Ledak (m).*

K_h = *Koefisien Kedalaman (2,65).*

B = *Burden (m).*

5. *Panjang Kolom Isian* (PC): Perhitungan panjang kolom isian dapat digunakan Persamaan 10.

$$PC = H \times T \quad (10)$$

Keterangan :

PC = *Power Column (m)*

H = *Kedalaman Lubang Ledak (m)*

T = *Stemming (m)*

Kemantapan Lereng dan Klasifikasi Longsor

Menurut Wyllie dan Mah (2004) kemantapan/kestabilan lereng merupakan faktor penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi.

Longsor pada kegiatan pertambangan secara umum diklasifikasikan menjadi empat bagian, yaitu Longsor Bidang, Longsor Baji, Longsor Guling dan Longsor Busur.

Penentuan Sifat Mekanik di Laboratorium

Menurut Ray (2014) penentuan sifat mekanik batuan di laboratorium didapatkan dengan melakukan beberapa pengujian antara lain sebagai berikut:

1. UCS *Test* (σ_c) merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung perconto batuan sesaat sebelum perconto hancur (*failure*) tanpa adanya pengaruh tegangan pemampatan. Perhitungannya menggunakan Persamaan 11.

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (11)$$

Keterangan :

σ_c = kuat tekan batuan (MPa)

F = gayatekan (N)

A = luaspenampang (mm²)

2. Uji Triaksial dapat menentukan *Strength Envelope*, Kuat Geser, Sudut Geser Dalam (Φ), Kohesi (C) dan Tegangan Normal (Σ_n)

Faktor Keamanan (FK) Lereng

Kemantapan lereng (*safety factor*) merupakan perbandingan antara gaya yang menahan gerakan terhadap gaya yang menggerakkan tanah tersebut dianggap stabil bila dirumuskan sebagai berikut (Hoek & Bray, 1981) (Persamaan 12).

$$FK = \frac{\text{gayayangmenahan}}{\text{gayayangmendorong}} \quad (12)$$

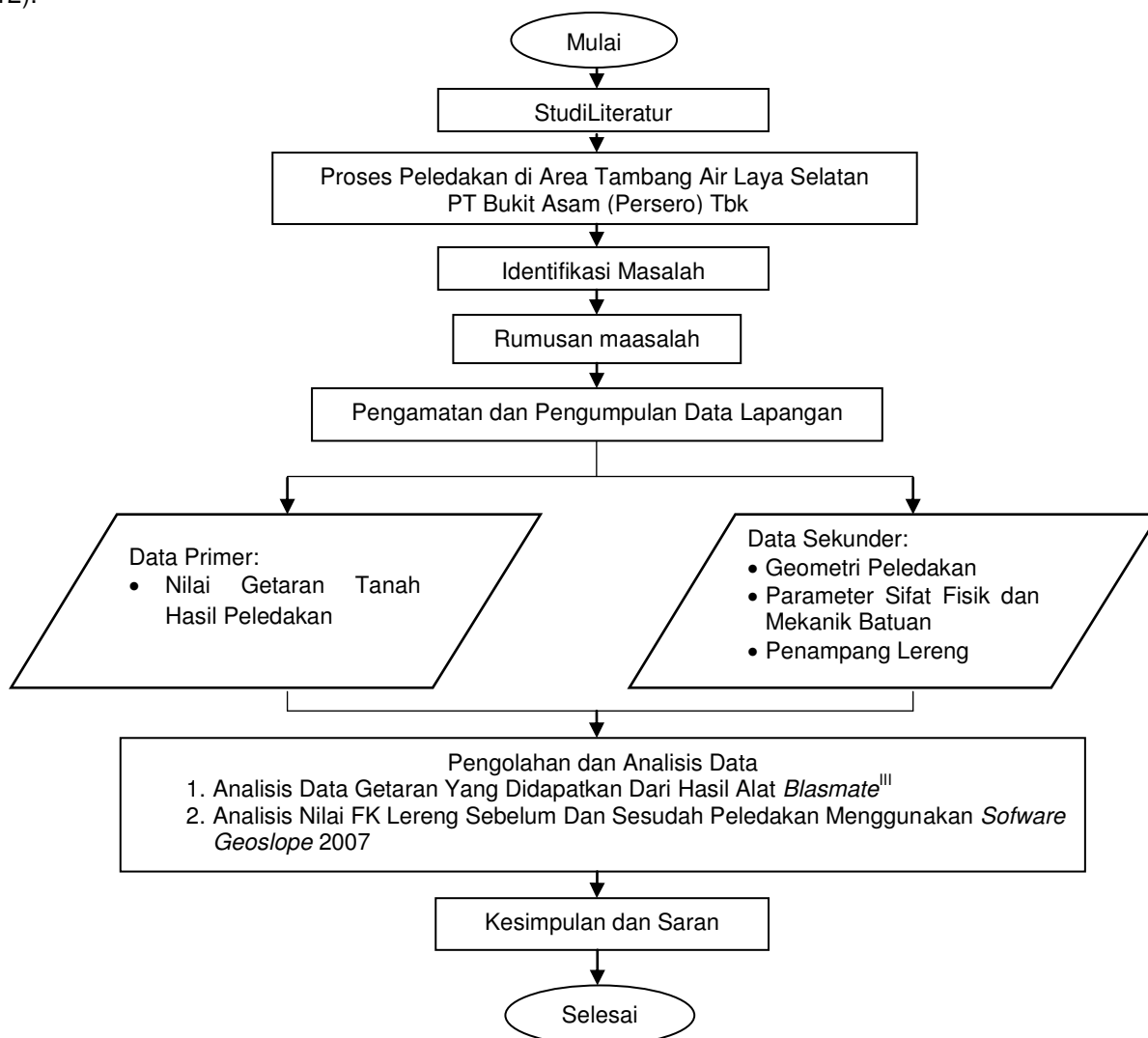
2. Metode Penelitian

Objek Penelitian

Tujuan penelitian berupa pengaruh getaran tanah terhadap kemantapan lereng. Nilai kuat getaran tanah hasil peledakan dengan menggunakan alat *Blastmate*^{III}, data geometri peledakan serta parameter sifat fisik dan mekanik. Parameter fisik dan mekanik (C, ϕ dan γ_w) diperlukan untuk mendapatkan nilai FK dengan menggunakan *Software Geoslope2007*.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi studi literatur, pengamatan di lapangan, pengelompokan data primer maupun data sekunder. Diagram alir penelitian dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

Data primer berupa data kuat getaran tanah yang didapat dari penggunaan alat *Blastmate*^{III}, setelah didapatkan data primer dan data sekunder sebagai data pendukung kemudian dilakukan analisa data. Pengolahan data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi : analisa data getaran tanah dari *Blastmate*^{III} menggunakan *Software Blasware* dan analisa nilai FK (faktor Keamanan) lereng menggunakan *Software Geoslope2007*.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses Peledakan

Kegiatan proses peledakan yang dikerjakan oleh PTBA, di daerah Pit TAL Selatan, khususnya daerah Curuk Pangkul bertujuan membongkar lapisan tanah penutup di atas batubara C atau IB B2-C, untuk mempermudah proses pemuatan dan pengangkutannya.

Geometri Peledakan

Sebelum kegiatan peledakan dilakukan, terlebih dahulu dibuat geometri peledakan untuk menentukan *burden*, spasi antar lubang, *stemming*, kedalam lubang, *Podwer Coloum* dan diameter lubang.

Nilai *burden* (B) rata – rata 6, *spacing* (S) 7,21, *stemming* (T) 3,13, *charging* (PC) 4,08, sedangkan kedalaman (H) 7,19, jumlah lubang 1051 lubang, diameter lubang (D) 6,75. Untuk membandingkan data di lapangan dengan hasil perhitungan menggunakan Teori R. L. Ash dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan geometri peledakan

GeometriPeledakan	Lapangan (m)	TeoriRL Ash (m)
<i>Burden</i> (B)	6	5,09
<i>Spaci</i> (S)	7,21	7,64
<i>Stemming</i> (T)	3,13	4,07
Kedalaman (H)	7,19	7,64
<i>Powder coloum</i>	4,08	3,57

Hasil perhitungan geometri peledakan pada Tabel 1 menunjukkan geometri peledakan yang digunakan di lapangan dan diteori tidak jauh berbeda dan berdasarkan pengamatan di lapangan hasil peledakan yang didapatkan masih sesuai dengan yang diinginkan oleh PTBA.

Kegiatan Pemboran dan Peledakan

Kegiatan pemboran yang dilakukan di daerah penelitian menggunakan alat bor tipe *sandvik* tipe D 245S (*rotary system*) dengan ukuran diameter

mata bor 6,75 inci dan jenis mata bor yang digunakan adalah *tricon bit*. Pola pemboran yang diterapkan adalah pemboran selangseling dengan lubang bor tegak karena batuan pada lapisan *interburden* B2-C adalah batuan yang homogen (*sandstone*).

Pada proses peledakan daerah yang akan diledakkan harus benar-benar aman. Jarak aman yang diterapkan adalah jarak untuk alat maksimal 300 m sedang untuk manusia 500 m karena jika jarak kurang dari yang telah ditentukan, dikhawatirkan terjadi *flying rock*. Kegiatan peledakan dilakukan pada Bulan Oktober dari tanggal 8 – 28 Oktober 2015 lubang yang telah diledakkan sebanyak 1051 lubang.

Parameter Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Dari hasil pemboran geoteknik yang dilakukan pada tahun 1994-2013 di lokasi TAL Selatan, maka didapatkan parameter geoteknik berupa sifat fisik dan mekanik batuan dengan nilai *density* (12,1-23,7 kN/m³), *kohesi* (15,4-373,6 kPa) dan sudut geser dalam (18,2°- 37,11°) dari masing- masing lapisan memiliki nilai yang baik.

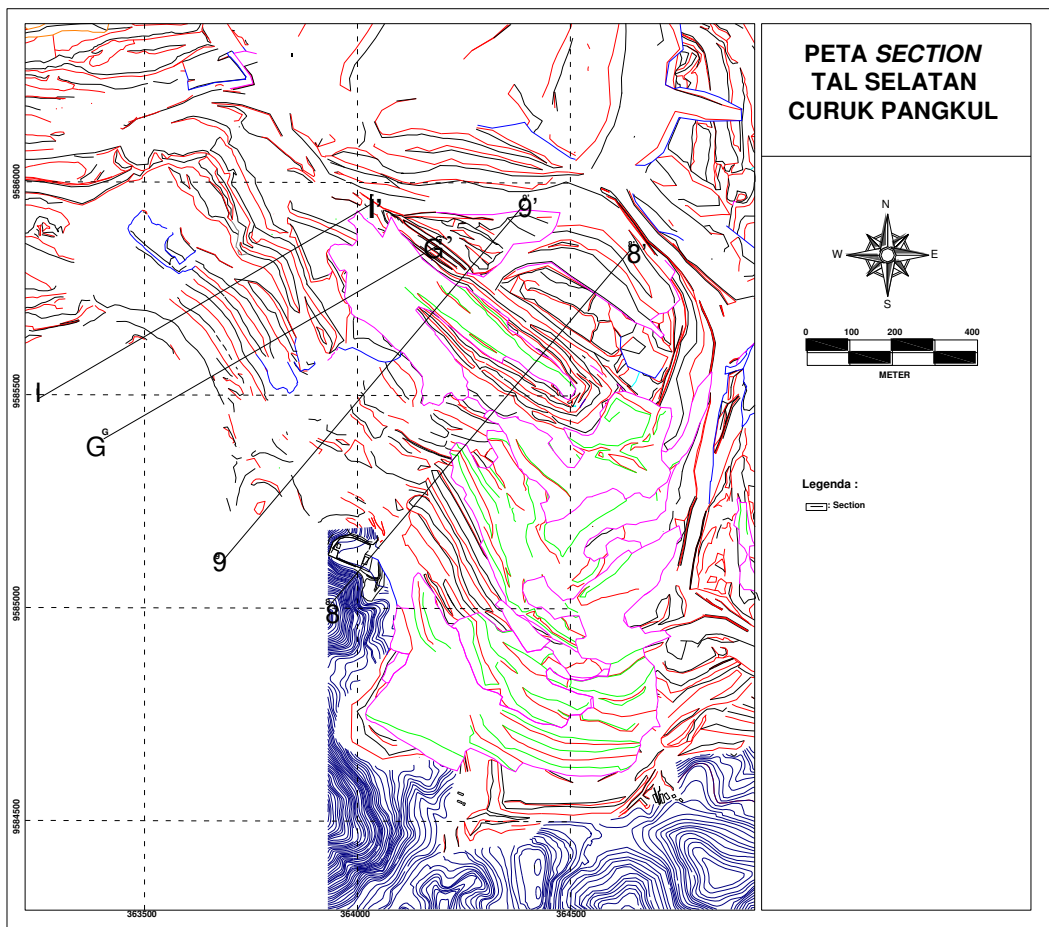
Nilai Getaran Tanah Hasil Peledakan

Pengambilan nilai getaran tanah dilakukan pada wilayah yang berjarak antara 360-670 m dari pusat kegiatan peledakan. Pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai getaran hasil peledakan yang paling besar terjadi pada tanggal 13 Oktober 2015 untuk PPA final utara, yaitu 0,102 g. Getaran dengan nilai 0,102 g termasuk dalam keadaan tidak stabil dan rawan (*riskan*) *longsor*. Sedangkan yang paling rendah terjadi pada tanggal 16 Oktober 2015 untuk *peak acceleration* selatan sebesar 0,011 g.

Pada tanggal 21 Oktober 2015 peledakan dilakukan sebanyak 3 kali karena lokasi peledakan yang dekat dengan pemukiman penduduk. Nilai getaran yang digunakan adalah 3 nilai getaran tertinggi, yaitu 0,102 g, 0,086 g dan 0,84 g.

Nilai Faktor Keamanan Lereng Sebelum dan Sesudah Peledakan

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh getaran tanah terhadap kemantapan lereng, maka dilakukan perhitungan nilai FK lereng dengan *Geoslope2007* menggunakan Metode Morgenstern-Price dan nilai parameter fisik dan mekanik batuan. Perhitungan nilai FK lereng keseluruhan menggunakan 2 (dua) penampang, yaitu Penampang 9–9' dan 8–8' (gambar 4).



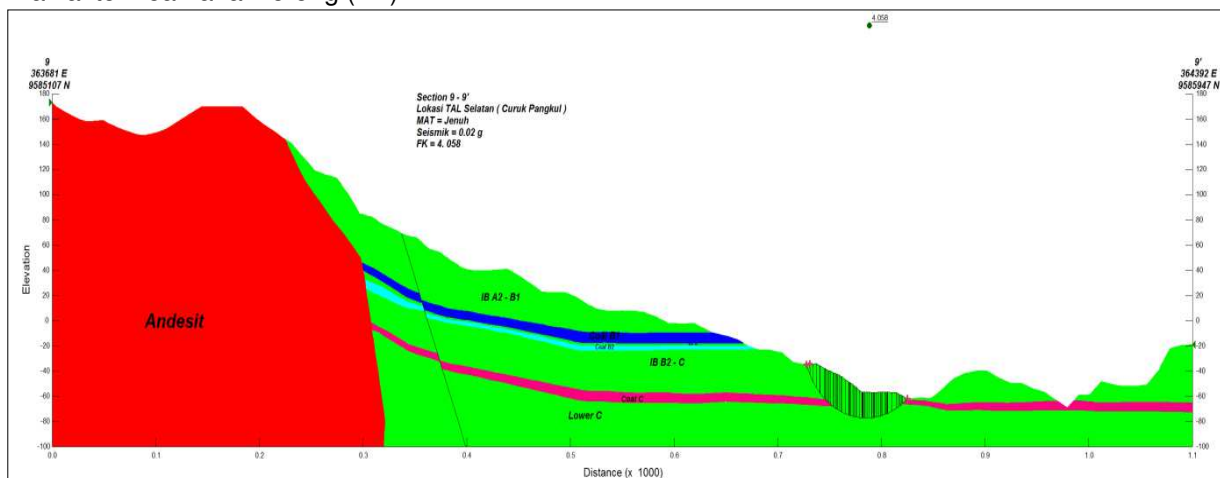
Gambar 4. Peta penampang lereng TAL Selatan

Nilai FK Lereng Sebelum Peledakan

Perhitungan nilai FK lereng sebelum adanya kegiatan peledakan tetap menggunakan nilai seismik sebesar 0,02 g, karena adanya getaran yang ditimbulkan dari kegiatan alat yang bekerja disekitar daerah peledakan. Berikut perhitungan nilai faktor keamanan lereng (FK):

1. Perhitungan Nilai FK Lereng Penampang 9–9'

Pada Penampang 9–9' yang berjarak ± 700 m dari daerah peledakan dengan tinggi lereng 174 m dan panjang lereng 1100 m sebelum adanya kegiatan peledakan mempunyai Nilai FK Lereng sebesar 4,058 (Gambar 5).

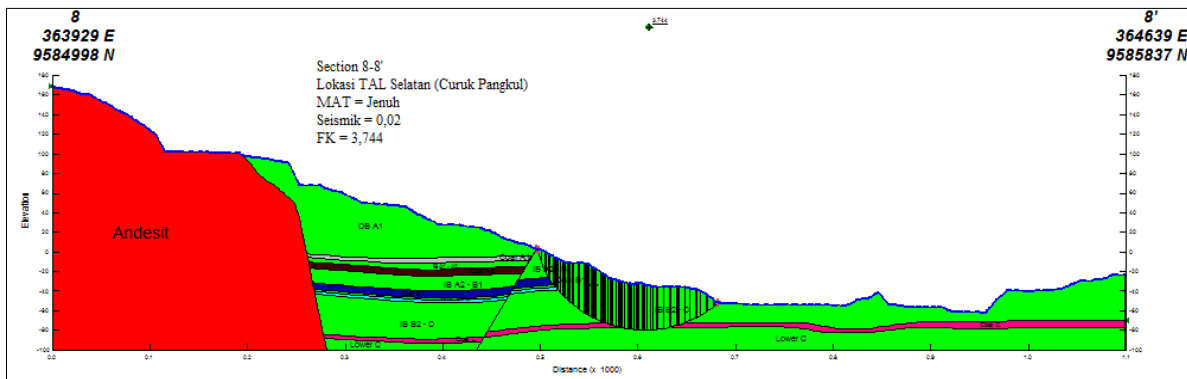


Gambar 5. FK lereng penampang 9–9' sebelum peledakan

2. Perhitungan Nilai FK Lereng Penampang 8-8'

Penampang 8-8' yang berjarak ± 650 m dengan tinggi lereng 169 m dan panjang lereng

1100 m sebelum adanya peledakan mempunyai nilai FK Lereng sebesar 3,744 (Gambar 6).



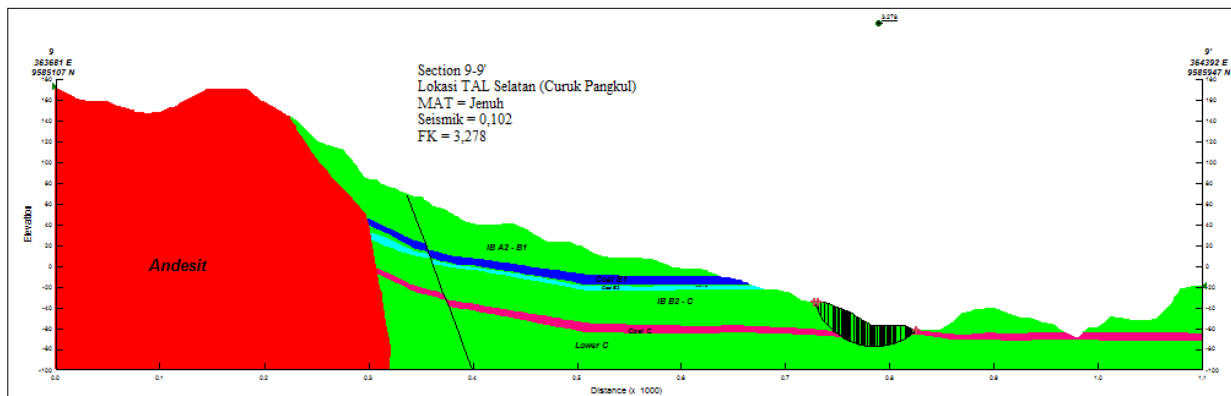
Gambar 6. FK lereng penampang 8-8' sebelum peledakan

Berdasarkan perhitungan FK Lereng 4 dan 5) nilai FK penampang 9-9' dan 8-8' lebih keseluruhan sebelum peledakan dengan dari 1,25 maka lereng dinyatakan aman. menggunakan *Software Geoslope2007* (Gambar

Nilai FK Lereng Sesudah Peledakan

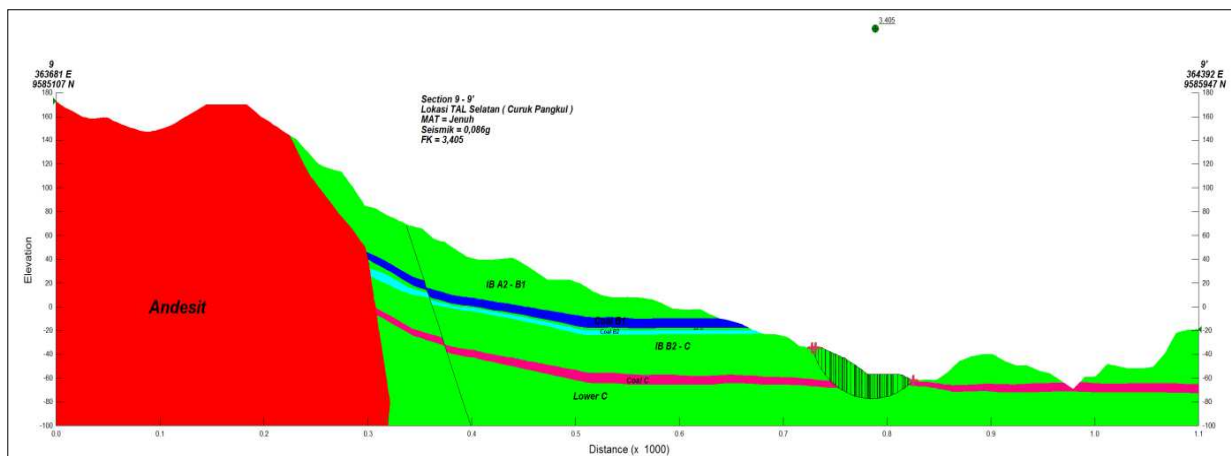
1. Perhitungan Nilai FK Lereng Penampang 9-9'

a. Penampang 9-9' dengan seismik 0,102 g (Gambar 7).



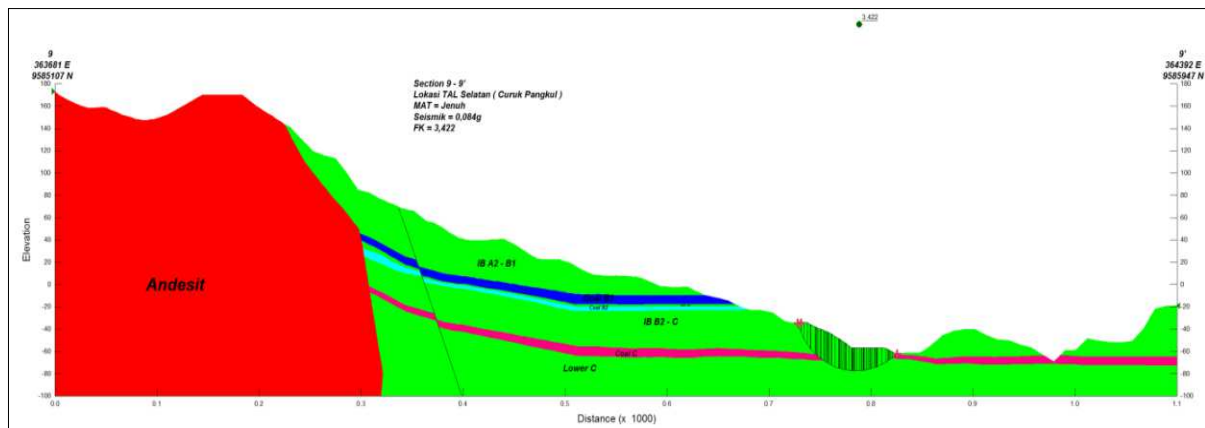
Gambar 7. FK lereng penampang 9-9' dengan seismik 0,102 g

b. Penampang 9-9' dengan seismik 0,086 g (Gambar 8).



Gambar 8. FK lereng penampang 9-9' dengan seismik 0,086 g

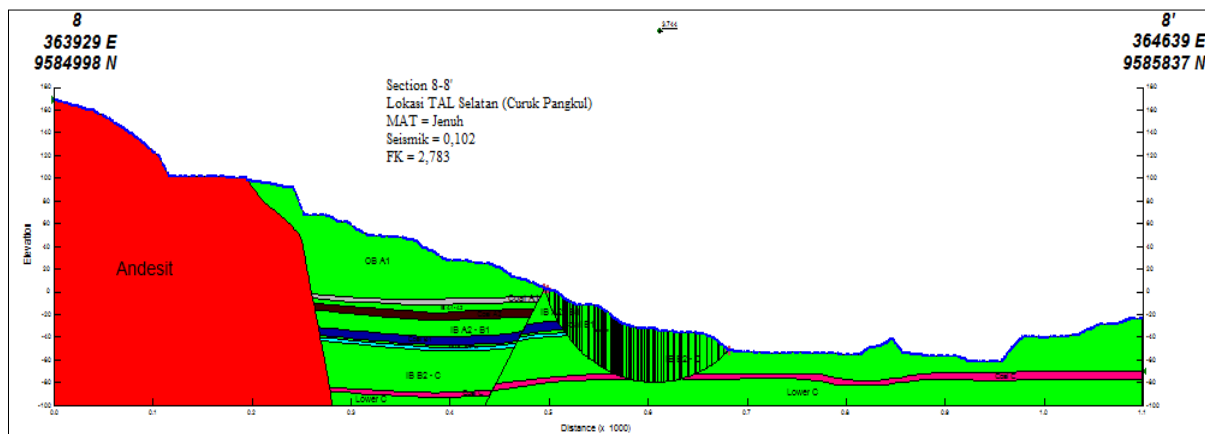
c. Penampang 9–9' dengan seismik 0,084 g (Gambar 9).



Gambar 9. FK lereng penampang 9–9' dengan seismik 0,084

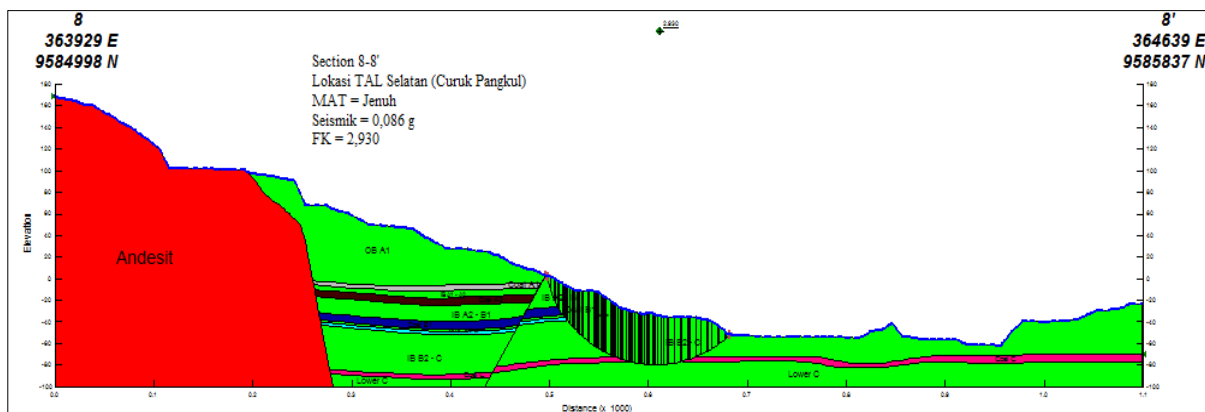
2. Perhitungan Nilai FK Lereng Penampang 8–8'

a. Penampang 8–8' dengan seismik 0,102 g (Gambar 10)



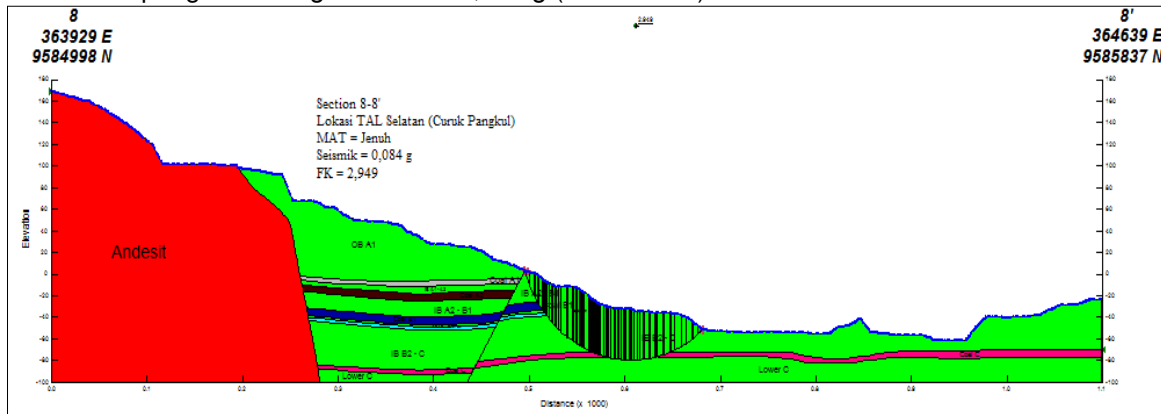
Gambar 10. FK lereng Penampang 8–8' dengan seismik 0,102 g

b. Penampang 8–8' dengan seismik 0,086 g (Gambar 11).



Gambar 11. FK lereng Penampang 8–8' dengan seismik 0,086 g

c. Penampang 8–8' dengan seismik 0,084 g (Gambar 12)



Gambar 12. FK Lereng Penampang 8–8' dengan seismik 0,084 g

Tabel 3. Perbandingan nilai FK lereng sebelum dan sesudah peledakan

No	Nilai Seismik	FK Lereng Sebelum Peledakan		Nilai Seismik	FK Lereng Sesudah Peledakan	
		Penampang 9-9'	Penampang 8-8'		Penampang 9-9'	Penampang 8-8'
1.	0,02 g	4,058	3,744	0,102 g	3,278	2,783
2.				0,86 g	3,405	2,930
3.				0,84 g	3,422	2,949

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui nilai FK Lereng mengalami penurunan sebesar 16,9% untuk Penampang 9-9' dan sebesar 45,9% untuk penampang 8-8'. Semakin besar getaran tanah akibat peledakan, semakin kecil nilai FK Lereng yang berada disekitar daerah peledakan. Dari keseluruhan perhitungan nilai FK lereng sebelum dan sesudah peledakan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dan lereng termasuk dalam kategori aman, karena nilai FK Lereng > 1,25.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, maka didapat kesimpulan:

1. Getaran tanah terendah 0,011 g terjadi pada proses peledakan pada tanggal 13 Oktober 2015 dengan jumlah lubang 60 titik pada jarak titik pantau 673 m dan jumlah isian bahan peledak 70 Kg/lubang.
2. Nilai FK Lereng sebelum peledakan untuk penampang 9-9' adalah 4,058 dan penampang 8-8' 3,744. Nilai FK Lereng sesudah peledakan untuk penampang 9-9' adalah FK=3,278, FK=3,405 dan FK=3,422. Nilai FK Lereng untuk penampang 8-8' adalah FK=2,783 FK=2,930 dan FK=2,949. Untuk penampang 9-9' mengalami penurunan sebesar 16,9% dan 8-8' sebesar 45,9%.
3. Semakin besar getaran tanah akibat peledakan, semakin kecil nilai FK Lerengnya. Dari keseluruhan perhitungan nilai FK lereng sebelum dan sesudah peledakan memiliki nilai FK Lereng yang tidak jauh berbeda dan

termasuk dalam kategori aman, karena nilai FK Lereng > 1,25.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2003, *Blastmate^{III} Operator Manual And Blastware Operator Manual*. Instantel inc. Kanada.
- Anonim, 2008, *Geologi Daerah Tanjung Enim*. Tim Geologi PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim.
- Ash, R.L., 1990, *Design of Blasting Round*, "Surface Mining", B.A. Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Hoek, E., dan Bray, JW., 1981, *Rock Slope Engineering*, 3rd Edition, IMM, London.
- Pulungan, Zulkifli., Zulfahmi., Hasniati Astika, 2012, *Pengembangan Dan Pemanfaatan Alat Seismik Untuk Pengukuran Beban Dinamik Pada Lereng Tambang Batubara*. Puslitbang Teknologi Mineral Dan Batubara Kelompok Program Penerapan Teknologi Penambangan Mineral Dan Batubara, Bandung.
- Rai. Made Astawa, Wattimena, Ridho K., Kramadibrata, Suseno, 2014, *Mekanika Batuan*. Institut Teknologi Bandung.
- Wyllie, D.C. and Mah, C.W. 2004, *Rock Slope Engineering. Civil and Mining Engineering*, 4th Edition, Spon Press, New York.