

SKRIPSI

ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN PENGARUH GETARAN TANAH AKIBAT PELEDAKAN OVERBURDEN DI PIT SOUTH TUTUPAN PT ADARO INDONESIA

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



OLEH:

M. IRVAN FAJAR S.

03021281419083

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN PENGARUH
GETARAN TANAH AKIBAT PELEDAKAN OVERBURDEN
DI PIT SOUTH TUTUPAN PT ADARO INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

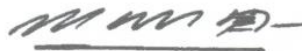
Oleh:

M. Irvan Fajar S.

03021281419083

Disetujui untuk Jurusan Teknik Pertambangan
oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.
NIDK. 8864000016

Pembimbing II



Bochori, ST, MT
NIP. 197410252002121003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Irvan Fajar S.
NIM : 03021281419083
Judul : Analisis Kestabilan Lereng Dengan Pengaruh Getaran Tanah
Akibat Peledakan Overburden Di Pit South Tutupan PT Adaro
Indonesia

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasi hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai Penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, April 2019



M. Irvan Fajar S.
NIM. 03021281419083

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Irvan Fajar S.
NIM : 03021281419083
Judul : Analisis Kestabilan Lereng Dengan Pengaruh Getaran Tanah
Akibat Peledakan Overburden Di Pit South Tutupan PT Adaro
Indonesia

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat, apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, April 2019




M. Irvan Fajar S.
NIM 03021281419083

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya Tugas Akhir selama 1 Maret 2018 sampai 1 Juni 2018 telah dilaksanakan dan skripsi yang berjudul “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Pengaruh Getaran Tanah Akibat Peledakan *Overburden* Di Pit *South* Tutupan PT. Adaro Indonesia” ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini diucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu selama kegiatan tugas akhir dan penyelesaian skripsi. Terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA. dan Bochori, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing I dan Pembimbing II Tugas Akhir, serta tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, M.S.C.E. Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D. Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T, dan Bochori, S.T., M.T., Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Seluruh dosen pengajar dan staff karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan isi dari laporan tugas akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan berguna untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Indralaya, April 2019

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
HALAMAN PERNYATAN INTEGRITAS.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kegiatan Peledakan	5
2.1.1 Pengeboran (<i>Drilling</i>)	5
2.1.2 Reaksi dan Produk Peledakan.....	7
2.1.3 Klasifikasi Bahan Peledak	9
2.1.4 Mekanisme Pecahnya Batuan	10
2.2 Getaran Tanah Akibat Peledakan.....	12
2.2.1 Macam Gelombang	12
2.2.2 Karakteristik Gelombang Hasil Peledakan	13
2.2.3 Parameter yang Mempengaruhi Getaran Akibat Peledakan	16
2.3 Pengukuran Getaran Tanah Akibat Peledakan.....	17
2.3.1 Alat Pengukur Getaran Tanah.....	18
2.3.2 Standard Vibrasi.....	20
2.4 Stratigrafi dan Litologi.....	20
2.5 Kestabilan Lereng	22
2.5.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	23
2.5.2 Jenis-Jenis Longsoran	25
2.6 Hubungan Getaran Tanah Akibat Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng.....	27
2.7 Penelitian Terdahulu	33

BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	35
3.1.1 Ketercapaian Daerah	35
3.1.2 Kondisi Iklim dan Cuaca	37
3.2 Metode Penelitian.....	37
3.2.1 Studi Literatur	37
3.2.2 Penelitian di Lapangan	37
3.2.3 Pengolahan dan Analisis Data	40
3.2.4 Bagan Alir Penelitian	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengukuran dan Analisis Getaran Tanah.....	44
4.1.1 Metode peledakan yang diterapkan	44
4.1.1 Hasil Pengukuran Tingkat Getaran Tanah	45
4.1.3 Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan <i>Overburden</i>	46
4.2 Analisis Pengaruh Getaran Tanah Terhadap Kestabilan Lereng	44
4.2.1 Hubungan PPA dan Percepatan Horizontal (a).....	49
4.2.2 Hubungan parameter peledakan terhadap nilai a sebagai koefisien seismik	50
4.2.3 Pengaruh percepatan horizontal terhadap nilai faktor keamanan ...	51
4.2.4 Pengaruh Gempa Bumi Terhadap Kestabilan Lereng.....	54
4.3 Nilai Percepatan Kritis Dan Isian Bahan Peledak Maksimum Per Delay..	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1. Ilustrasi longsoran di lereng Sulawesi.....	1
2.1. Pola pengeboran.....	6
2.2. Arah kemiringan lubang bor.....	7
2.3. Mekanisme pecahnya batuan.....	11
2.4. <i>Primary Waves</i>	14
2.5. <i>Shear Waves</i>	15
2.6. Gelombang Loves dan gelombang Rayleigh.....	16
2.7. Prinsip kerja alat pengukur getaran tanah.....	18
2.8. Cara monitor getaran dan suara oleh <i>Blastmate^{III}</i>	19
2.9. Stratigrafi cekungan Barito.....	21
2.10. Bentuk longsoran busur.....	26
2.11. Bentuk longsoran bidang.....	26
2.12. <i>Bentuk longsoran baji</i>	27
2.13. <i>Bentuk longsoran guling</i>	27
2.14. Pengaruh percepatan luar terhadap kesetimbangan gaya.....	32
3.1. Peta ketercapaian daerah PT Adaro Indonesia.....	36
3.2. Bagan alir penelitian.....	42
4.1. Gambar 4.1. (a) Pengukuran getaran tanah jarak 50 meter (b) Pengukuran getaran tanah jarak 150 meter.....	45
4.2 Gambar 4.2.(a) Lereng section 15 high wall (b) Lereng section 8 low wall.....	46
4.3. Grafik PPA vs <i>Scaled Distance</i>	47
4.4. Kurva a terhadap PPA.....	51
4.5. <i>Cross section 15</i> bagian <i>highwall</i>	52
4.6. <i>Cross section 8</i> bagian <i>lowwall</i>	52
4.7. Peta zonasi gempa Indonesia wilayah Kalimantan.....	54
4.8. Grafik pengaruh percepatan horizontal terhadap FK.....	55
B.1. Prosedur Penempatan Sensor Geophone dan Sensor Microphone Blastmate III.....	61
C.1. Grafik tingkat baku getaran untuk material bangunan dan orang di Amerika (USBM dan OSM).....	65
E.1. Sketsa mesin bor Terrex Infinity SKF-11 tampak samping.....	68
F.1. Sketsa geometri peledakan di dekat area <i>final slope high wall</i>	70
F.2. Sketsa geometri peledakan di dekat area <i>final slope low wall</i>	70
F.3. <i>Cross section</i> desain peledakan dekat area <i>final slope low wall</i>	71
F.4. <i>Cross section</i> desain peledakan dekat area <i>final slope high wall</i>	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1. Matrik kegiatan penelitian	35
3.2. Metode penelitian	41
4.1. Geometri peledakan di Pit South Tutupan	44
4.2. Hasil pengukuran getaran tanah	46
4.3. Nilai PPA dan nilai percepatan horizontal	49
4.4. Faktor Keamanan lereng <i>section 8</i> dan <i>section 15</i>	53
A.1. Spesifikasi umum Blastmate III	61
B.1. Setting Recording Mode Pada Blastmate III	64
B.2. Setting Trigger	64
B.3. Setting Setup	65
C.1. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara India untuk bangunan (DGMS)	66
C.2. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Australia untuk bangunan	62
C.3. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Hungaria untuk bangunan	63
C.4. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Rusia untuk bangunan	67
C.5. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Swiss untuk bangunan	68
C.6. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Swedia untuk bangunan	68
C.7. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Jerman untuk bangunan	69
C.8. Tingkat baku getaran yang digunakan oleh negara Indonesia untuk bangunan atau Standar Nasional Indonesia (SNI)	70
D.1. Getaran tanah dari lalu lintas HD bermuatan jarak pengukuran 17 m	71
D.2. Getaran tanah dari lalu lintas HD bermuatan jarak pengukuran 25 m	72
E.1. Curah hujan perbulan di Pit <i>South</i> Tutupan Tahun 2007-2018	73
G.1. Hasil pengukuran PPV pada jarak 50 m dari lokasi peledakan	77
G.2. Hasil pengukuran PPV pada jarak 150 m dari lokasi peledakan	78
G.3. Hasil pengukuran PPV, PPA, dan PPD pada jarak 150 m dari lokasi peledakan	79
I.1. Nilai Koefisien Seismik	82
J.1. Material Properties Penyusun Lereng	83
K.1. Hasil perhitungan FK Lereng dengan Pengaruh Percepatan Horizontal	85

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Spesifikasi Blastmate	61
B. <i>Working Instruction Setting</i> Blastmate III Untuk Pengukuran Getaran Tanah Pada Jarak Tertentu	64
C. Baku Tingkat Getaran Peledakan Terhadap Lingkungan yang Digunakan Oleh Negara-negara Lain dan Indonesia (SNI)	66
D. Getaran tanah yang dihasilkan dari lalu lintas alat berat	71
E. Curah Hujan Pit South Tutupan PT Adaro Indonesia	73
F. <i>Working Instruction</i> Peledakan di Dekat Area <i>Final Slope</i>	74
G. Hasil pengamatan dan pengukuran getaran tanah akibat peledakan Di Pit South Tutupan PT Adaro Indonesia.....	77
H. Perhitungan Koefisien Determinasi	80
I. Daftar nilai koefisien seismik yang dianjurkan digunakan menurut Beberapa ahli dan negara	82
J. Material Properties Penyusun Lereng Section 15 <i>High Wall</i> dan Lereng Section 8 <i>Low Wall</i>	83
K. Perhitungan Faktor Keamanan dengan pengaruh percepatan horizontal	84
L. Perhitungan Isian Bahan Peledak Maksimum per Delay	86

**ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN PENGARUH GETARAN
TANAH AKIBAT PELEDAKAN *OVERBURDEN* DI PIT *SOUTH* TUTUPAN
PT ADARO INDONESIA**

**ANALYSIS EFFECT OF GROUND VIBRATION INDUCED BY
OVERBURDEN BLASTING ON SLOPE STABILITY PIT *SOUTH* TUTUPAN
PT ADARO INDONESIA**

Muhammad Irvan¹, M.Taufik Toha²,Bochori³

*^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia
Email : irvanfirex@gmail.com*

ABSTRAK

Salah satu tahapan penambangan adalah pengupasan batuan penutup/overburden, PT Adaro Indonesia khususnya di pit South Tutupan dalam pengupasan overburden menggunakan operasi peledakan. Dampak dari peledakan salah satunya adalah getaran tanah (ground vibration), getaran tanah menyebabkan gangguan bagi lingkungan dan manusia, untuk jarak dekat dari lokasi peledakan getaran tanah menyebabkan gangguan pada kestabilan lereng tambang baik itu lereng kerja maupun lereng akhir. Longsoran lereng tambang terjadi pada awal bulan Maret 2018 di daerah low wall tepatnya di bawah Jalan Sulawesi, longsoran tersebut mengakibatkan Jalan Sulawesi harus ditutup dan kegiatan penambangan yang berada di bawahnya harus dihentikan. Salah satu penyebab longsoran lereng tersebut adalah kegiatan peledakan, karena daerah tersebut salah satu area front penambangan yang aktif. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh getaran tanah akibat peledakan terhadap kestabilan lereng. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran getaran tanah akibat peledakan di lereng section 8 low wall dan section 15 high wall, data sifat fisik dan mekanik batuan penyusun lereng dan geometri lereng aktual. Data tersebut diolah menggunakan software Slide 6.0 dengan analisis Pseudostatik. Nilai PPA yang didapat dari hasil pengukuran tidak dapat langsung digunakan dalam perhitungan, nilai percepatan sebagai faktor seismik yang disebut dengan percepatan horizontal adalah percepatan ketika terjadi perpindahan maksimum dan kecepatan maksimum. Berdasarkan hasil perhitungan Faktor Keamanan (FK) lereng kerja yaitu lereng section 8 low wall dengan nilai percepatan horizontal sebesar 0,007265 nilai FK turun dari 3,316 menjadi 3,225 bila diberi nilai percepatan horizontal 0,19036 FK menjadi 1,877. FK lereng akhir yaitu lereng section 15 high wall apabila diberi nilai percepatan horizontal sebesar 0,007265 nilai FK turun dari 2,223 menjadi 1,579 bila diberi nilai percepatan horizontal sebesar 0,19036 menjadi 1,579. Nilai percepatan horizontal kritis terhadap lereng section 8 low wall adalah 0,40 dan nilai percepatan horizontal kritis lereng section 15 highwall adalah 0,35. Berdasarkan percepatan kritis didapat nilai isian maksimum bahan peledak per delay untuk jarak lereng 50 meter dari lokasi peledakan yaitu 216 kg/delay untuk lereng cross section 15 dan 265,7 kg/delay untuk lereng cross section 8.

Kata Kunci: getaran tanah, PPV, PPA, peledakan, kestabilan lereng, pseudostatik.

Inderalaya, Mei 2019

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA
NIDK. 8864000016

Pembimbing II



Bochori, ST, MT
NIP. 197410252002121003

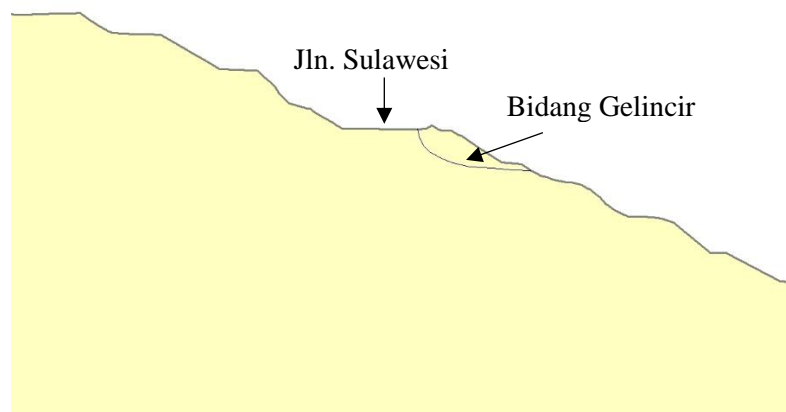
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Adaro Indonesia didalam wilayah konsesinya terdapat 3 pit yaitu Tutupan, Paringin dan Wara. Kegiatan penambangan batubara di PT Adaro Indonesia terdiri dari kegiatan pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan lapisan tanah penutup (*top soil*), pengupasan lapisan batuan penutup (*overburden*), penggalian dan pengangkutan batubara ke ROM, pengangkutan batubara dari ROM ke *Crushing Plant*, pengapalan batubara menuju konsumen, dan reklamasi/revegetasi. Kegiatan pengupasan *overburden* di Pit Tutupan dilakukan dengan operasi peledakan, hal ini dilakukan karena kekuatan batuannya relatif cukup keras atau tidak efektif apabila digali dengan menggunakan alat gali muat yang ada, selain itu untuk menunjang tingkat produksi yang relatif tinggi. Kegiatan peledakan memiliki beberapa dampak antara lain *airblast* dan getaran tanah (*ground vibration*).

Salah satu lereng tambang mengalami longsoran pada awal bulan Maret 2018 di daerah *low wall* tepatnya di bawah Jalan Sulawesi, longsoran tersebut mengakibatkan Jalan Sulawesi harus ditutup dan kegiatan penambangan yang berada di bawahnya harus dihentikan. Salah satu faktor penyebab longsoran tersebut adalah kegiatan peledakan, karena daerah tersebut salah satu area *front* penambangan yang aktif.



Gambar 1.1. Ilustrasi longsoran di lereng Sulawesi

Pengaruh getaran tanah akibat kegiatan peledakan Getaran tanah berdampak pada kestabilan lereng karena getaran tanah dapat menambah gaya penggerak akibat percepatan horizontal. Apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak, maka lereng akan runtuh.

Getaran biasanya dinyatakan dalam *peak particle velocity* (PPV), *peak particle acceleration* (PPA), dan *peak particle displacement* (PPD). Variabel ini dapat digunakan untuk mengukur kerusakan yang dapat dihasilkan oleh suatu kegiatan peledakan. Batas aman getaran tanah untuk bangunan menurut SNI adalah 5 mm/s, sedangkan belum ada nilai batas aman getaran tanah untuk kestabilan lereng. Nilai getaran tanah akibat peledakan yang relatif besar dikhawatirkan dapat memicu runtuhnya lereng tambang baik itu lereng kerja (*working slope*) ataupun lereng final (*final slope*) sehingga dapat membahayakan para pekerja tambang dan mengganggu aktivitas pertambangan. Oleh karena longSORAN tersebut perlu dilakukan penelitian terkait analisis pengaruh getaran tanah akibat peledakan overburden terhadap kestabilan lereng di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam analisis getaran tanah akibat peledakan terhadap kestabilan lereng di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia adalah:

1. Berapa tingkat getaran tanah yang dihasilkan dari metode peledakan yang diterapkan di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia ?
2. Bagaimana pengaruh getaran tanah akibat peledakan terhadap kestabilan lereng kerja dan lereng akhir di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia ?
3. Berapa nilai percepatan kritis dari percepatan horizontal yang mempengaruhi kestabilan lereng pada lereng kerja dan lereng akhir dan berapa isian bahan peledak maksimum per delay agar lereng tetap aman ?

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam analisis getaran tanah akibat peledakan terhadap kestabilan lereng di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan peledakan yang diamati dan diukur hanya kegiatan peledakan di lereng (*bench blasting*), baik itu peledakan di dekat area lereng akhir dan peledakan di lereng kerja.
2. Dalam penelitian yang menjadi fokus area penelitian adalah lereng *section 15 highwall* dan lereng *section 8 lowwall*.
3. Nilai getaran peledakan yang diteliti berjarak 50-150 m dari lokasi lereng Highwall terhadap titik pemantauan getaran.
4. Nilai getaran tanah akibat operasi peledakan yang dikaji adalah percepatan partikel puncak (PPA).
5. Sistem peledakan menggunakan *non-electric blasting* dengan sistem delay *hole by hole* dan untuk kontrol *blasting* menerapkan *line drilling system*. Penelitian menggunakan sistem peledakan yang diterapkan saat ini.
6. Jenis *interburden* yang diledakkan pada Highwall adalah *mudstone* dengan densitas 2,34 t/m³ dan nilai kuat tekan 1,34 MPa dan pada *lowwall* adalah *sandstone* dengan densitas 2,33 ton/ m³ dan nilai kuat tekan 2,64 MPa.
7. Kriteria keruntuhan dengan sistem *generalized* Hoek-Bray dengan klasifikasi massa batuan GSI.
8. Muka air tanah 3 m dibawah permukaan.
9. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode *limit equilibrium* dengan metode perhitungan Bishop.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan menganalisis tingkat getaran tanah yang dihasilkan dari metode peledakan yang diterapkan pada Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia
2. Menganalisis pengaruh getaran tanah akibat peledakan terhadap nilai kestabilan lereng kerja dan lereng akhir di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia.
3. Menentukan nilai percepatan kritis sebagai faktor seismik yang mempengaruhi kestabilan lereng pada lereng kerja dan lereng akhir dan menentukan isian bahan peledak maksimum per delay agar lereng tetap aman.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Masukan kepada PT Adaro Indonesia bagian geoteknik, khususnya untuk perencanaan dan perancangan lereng tambang dengan pengaruh getaran tanah akibat kegiatan peledakan.
2. Tambahannya informasi dalam pengukuran getaran tanah akibat kegiatan peledakan khususnya untuk jarak yang cukup dekat dengan lokasi peledakan.
3. Menjadi acuan untuk penelitian yang serupa dengan kondisi geologi yang mirip dengan kondisi geologi di Pit *South* Tutupan PT Adaro Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Bhandari, S. 1997. *Engineering Rock Blasting Operations*. Rotterdam: AA Balkema.
- Bowles, J. E. 2000. *Foundation Analysis and Design 5th Edition*. McGraw-Hill Company: New York.
- Duncan, C.W., and Christopher, W.Mam. 2004. *Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th edition*. Spon Press. New York.
- Fahlevi, R., Sulistianto, B., dan Husni, B. 2012. *Perangkat Lunak Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan*. Jurnal JTM Vol. 192 No. 2 (61-62).
- Fitri, D. A. 2014. *Evaluasi Perimeter Blasting terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration) pada Pre Bench Pit Air Laya PT Bukit Asam (Persero), Tbk*. Jurnal Ilmu Teknik. Vol. 2 No.5
- Hoek, E., dan Bray, J.D. 1981. *Rock Slope Engineering 3th Edition*. CRC Press: Florida.
- Hynes-Griffin, M.E. and Franklin, A.G. (1984). *Rationalizing The Seismic Coefficient Method*. Misc. Paper No. GL-84-13. U.S. Army Engineer WES, Vicksburg, MS.
- Instantel. 2015. *Micromate Operator Manual*. Canada: Instantel Inc.
- Kartodharmo, M. 1996. *Supervisory Teknik Peledakan*. Bandung: LPPM ITB.
- Koesnaryo, S. 2001. *Rancangan Peledakan Batuan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Konya, C. J. dan Walter, J. E. 1990. *Surface Blast Design*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kramer, S. L. 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kuzu, C., dan Hudaverdi, T. 2005. *Evaluation of Blast-induced Vibrations*. International Journal of Brighton Conference Proceedings Vol. 34 No. 4 (203-206).

- Melo, Cristiano, dan Shunil Sharma. 2004. *Seismic Coefficients for Pseudostatic Slope Analysis*. 13th World Conference on Earthquake Engineering. Paper No. 369. Canada.
- Nadi, B., Askari, F., dan Farzaneh, O. 2014. *Seismic Performance of Slopes in Pseudo-Static Designs With Different Safety Factor*. IJS, Transactions of Civil Engineering Vol. 38, No. C2 (465-483).
- Napuri, J, dan Tamrock. 1988. *Surface Drilling and Blasting*. Finland: Tampere.
- Newmark, N. M. 1965. *Effect of earthquakes on Damns and Embankment. 5th, Rankine Lecture, Geotechnique*. International Journal of Brighton Conference Proceedings Vol. 3 No. 4 (115-119).
- Rudini. 2013. *Analisis Ground Vibration Pada Peledakan Overburden Di Panel 4 Kelanis Site, PT. Adaro Indonesia, Sangatta, Kalimantan Timur*. Teknik Pertambangan. Fakultas Teknologi Mineral. UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Smith, J, dan McCabe W.L. (1976). *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill Company.
- Srbulov, M. 2008. *Geotechnical Earthquake Engineering "simplified Analyses with Case Studies and Examples"*. London: Springer Science.
- Standar Nasional Indonesia. 2010. *Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sundoyo. 2017. *Pengaruh Peak Particle Velocity (PPV) Dari Hasil Kegiatan Peledakan Terhadap Kekuatan Lereng Penambangan (FK) Pada Penambangan Batubara*. Jurnal Geologi Pertambangan. Vol. 1 No. 21
- Susanto, B. 2011. *Analisis Kestabilan Lereng Section 10 Akibat Pengaruh Getaran Peledakan dan Air Tanah Pada PT Pama Persada Nusantara Job Site PT Adaro Indonesia*. Thesis Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan. Institut Teknologi Bandung.
- Toha, M.T., dkk. 2016. *Studi Mitigasi Daerah Rawan Bencana Longsor Jalur Kereta Api Lahat - Lubuk Linggau*. Laporan Penelitian Unggulan Profesi. Universitas Sriwijaya
- Wong, H.N., dan Pang, P.L.R. 1995. *Assesment Of Stability Of Slopes Subjected To Blasting Vibration Geo Report No.15*. Hong Kong: The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.
- Zhang, Z.-X. 2016. *Rock Fracture and Blasting: Theory and Applications*. Amsterdam: Elsevier.