

TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI JARAK EVAKUASI ALAT BERAT MELALUI ANALISIS FLYROCK DAN PENERAPAN METODE AIRDECK BERBASIS SDOB PADA AKTIVITAS PELEDAKAN DI PIT E UTARA BANKO TENGAH PT BUKIT ASAM TBK

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Teknik Pertambangan*



Oleh:

AISYA MULYANTI

TM/NIM : 2021/21137065

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK PERTAMBANGAN
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2025

TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI JARAK EVAKUASI ALAT BERAT MELALUI ANALISIS
FLYROCK DAN PENERAPAN METODE AIRDECK BERBASIS SDOB PADA
AKTIVITAS PELEDAKAN DI PIT E UTARA BANKO TENGAH
PT BUKIT ASAM TBK**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Teknik Pertambangan*



Oleh:

AISYA MULYANTI

21137065 / 2021

**DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

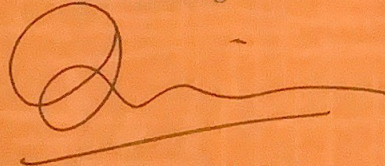
Optimalisasi Jarak Evakuasi Alat Berat Melalui Analisis *Flyrock* Dan
Penerapan Metode *Airdeck* Berbasis SDOB Pada Aktivitas Peledakan
Di Pit E Utara Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama	: Aisya Mulyanti
NIM / TM	: 21137065 / 2021
Program Studi	: S-1 Teknik Pertambangan
Departemen	: Teknik Pertambangan
Fakultas	: Teknik

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Riam Marlina A, S.T., M.T
NIP. 198509272023212039

Mengetahui,

Kepala Departemen
Teknik Pertambangan



Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 197809122005011001

Ketua Program Studi
S-1 Teknik Pertambangan



Dr. Ir. Heri Prabowo, S.T., M.T.
NIP. 197810142003121002

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Aisya Mulyanti
NIM / TM : 21137065 / 2021
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Dinyatakan Lulus Setelah dilakukannya Sidang Tugas Akhir didepan Tim Penguji
Program Studi S-1 Teknik Pertambangan Departemen Teknik pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Dengan Judul:

**Optimalisasi Jarak Evakuasi Alat Berat Melalui Analisis *Flyrock* Dan
Penerapan Metode *Airdeck* Berbasis SDOB Pada Aktivitas Peledakan
Di Pit E Utara Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk**

Padang, ... Agustus 2025

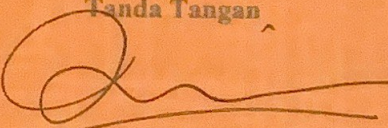
Tim Penguji :

1. Ketua : Riam Marlina A, S.T., M.T

2. Anggota : Ir. Dedi Yulhendra, S.T., M.T.

3. Anggota : Dr. Ir. Mulya Gusman, S.T., M.T.

Tanda Tangan


(.....)

(.....)

(.....)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang 25131 Telepon (0751)7055644
Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AISYA MULYANTI
NIM/TM : 21137065 / 2021
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

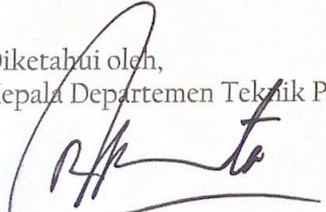
Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

” Optimalisasi Jarak Evakuasi Alat Berat Melalui Analisis Flyrock Dan Penirapan
Metode Airdeck Berbasis SDOB Pada Aktivitas Peledakan Di Pit E Utara
Banko Tengah PT. Bukit Asam Tbk

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain.
Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima
sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di
Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai
anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan


Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 19780912 200501 1 001

Padang, 20 Agustus 2025

yang membuat pernyataan,



BIODATA

I. Data Diri

Nama Lengkap	: Aisya Mulyanti
NIM	: 21137065
Tempat, Tanggal Lahir	: Padang, 12 Maret 2003
Jenis Kelamin	: Perempuan
Nama Bapak	: Ilham
Nama Ibu	: Isdawati Susanti
Jumlah Saudara	: 1
Alamat Lengkap	: Jl. Durian Ratus Blok P No. 14, Kel. Kurao Pagang, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat
Email	: aisyamlyt@gmail.com
No. Telepon/HP	: 081290691133



II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar	: SDN 16 Surau Gadang
Sekolah Menengah Pertama	: SMPN 22 Padang
Sekolah Menengah Atas	: SMAN 12 Padang
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang

III. Data Penelitian

Tempat Penelitian	: PT. Bukit Asam, Tbk
Tanggal Penelitian	: 5 Oktober 2024 – 06 Januari 2025
Topik Penelitian	: “Optimalisasi Jarak Evakuasi Alat Berat Melalui Analisis <i>Flyrock</i> Dan Penerapan Metode <i>Airdeck</i> Berbasis SDOB Pada Aktivitas Peledakan Di Pit E Utara Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk”

Padang, 11 Agustus 2025

Aisya Mulyanti

2021/21137065

ABSTRAK

Flyrock merupakan salah satu risiko paling penting dalam peledakan tambang terbuka karena dapat mempengaruhi keselamatan kerja dan biaya operasional. Di *Pit E* Utara Banko Tengah, PT Bukit Asam Tbk, untuk mengoptimalkan jarak evakuasi alat berat melalui analisis *flyrock* dan penerapan teknik *airdeck* berbasis pendekatan *Scaled Depth of Burial* (SDOB) pada operasi peledakan. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan jarak *flyrock* aktual berkisar antara 5,17 hingga 61 m, dengan rata-rata 28,76 m. Nilai rata-rata SDOB sebesar $1,56 \text{ m/kg}^{1/3}$ mengklasifikasikan energi peledakan *very controled energy*, sehingga memungkinkan perancangan panjang *stemming* 5,0 m dengan *top airdeck* 1,7 m, yang menghasilkan fragmentasi optimal sekaligus meminimalkan *flyrock*. Analisis regresi menunjukkan bahwa panjang *stemming* berkontribusi 73,08% terhadap variasi *flyrock*. Analisis efisiensi bahan bakar menunjukkan bahwa pengurangan jarak evakuasi dari 300 m menjadi 150 m menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 50% untuk excavator Komatsu PC-2000 dan PC-1250. Jarak aman 150 m yang diusulkan memenuhi standar Richard & Moore (yaitu $\geq 122 \text{ m}$) dan berperan penting dalam menyempurnakan desain peledakan pada tambang terbuka untuk menjaga keselamatan kerja, meningkatkan efisiensi biaya, dan mendukung kelancaran produksi.

Kata kunci: *flyrock*, *airdeck*, SDOB, *stemming*, optimasi peledakan, efisiensi bahan bakar

ABSTRACT

Flyrock is one of the most significant hazards in open-pit blasting as it can affect both operational safety and costs. In Pit E North Banko Tengah, PT Bukit Asam Tbk, this study aims to optimize heavy equipment evacuation distances through flyrock analysis and the application of the air-deck technique based on the Scaled Depth of Burial (SDOB) approach in blasting operations. Field observations recorded actual flyrock distances ranging from 5.17 to 61 m, with an average of 28.76 m. The average SDOB value of $1.56 \text{ m/kg}^{1/3}$ classified the blasting energy as very controlled energy, enabling the design of a 5.0 m stemming length with a 1.7 m top air-deck, which produced optimal fragmentation while minimizing flyrock. Regression analysis revealed that stemming length contributed 73.08% to flyrock variation. Fuel efficiency analysis showed that reducing the evacuation distance from 300 m to 150 m decreased fuel consumption by up to 50% for Komatsu PC-2000 and PC-1250 excavators. The proposed 150 m safety distance meets the Richard & Moore standard ($\geq 122 \text{ m}$) and plays a crucial role in refining blasting design in open-pit mining to ensure safety, enhance cost efficiency, and support smooth production.

Keywords: flyrock, air-deck, SDOB, stemming, blast optimization, fuel efficiency

MOTTO & HALAMAN PERSEMBAHAN

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(QS. Al-Baqarah 2:286)

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Apabila engkau telah selesai (dengan suatu kebajikan), teruslah bekerja keras (untuk kebajikan yang lain) dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap!”
(QS. Al-Insyirah 98:6-8)

MOTTO:

“Kamu harus percaya, akan ada masa dimana kamu akan beruntung dalam hal apapun”

TUGAS AKHIR INI SAYA PERSEMBAHKAN :

1. Teristimewa kepada Mama, Papa dan adikku yang tidak pernah lelah memberikan cinta, kasih sayang, dukungan, dorongan, serta doa yang tulus ikhlas, baik secara moril maupun materil, yang senantiasa menjadi sumber semangat dalam menjalani proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Karya ini kupersembahkan untuk diriku sendiri, yang telah bertahan dan berjuang dengan sepenuh hati dalam melewati setiap proses penyusunan tugas akhir ini. Untuk setiap lelah yang tak terhitung, air mata yang jatuh tanpa sengaja, langkah-langkah kecil yang kerap tak terlihat, doa yang terucap dalam diam, serta malam-malam panjang yang kuhabiskan dalam sepi. Aku berterima kasih pada diriku karena tidak pernah berhenti percaya dan terus melangkah meski jalan terasa berat. Aku belajar menghargai setiap usaha, sekecil apa pun itu, dan menyadari betapa kuatnya diriku mampu berdiri tegak tanpa harus bergantung pada siapa pun. Terima kasih "Aisya Mulyanti" diriku sendiri karena telah memilih untuk tetap bertahan hingga titik ini. Tugas akhir ini adalah bukti nyata bahwa aku mampu, dan aku layak berbangga atas setiap perjalanan yang telah kulalui.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat memenuhi kurikulum yang ada pada Program Studi S-1 Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Petambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang dengan judul **“Optimalisasi Jarak Evakuasi Alat Berat Melalui Analisis *Flyrock* Dan Penerapan Metode *Airdeck* Berbasis SDOB Pada Aktivitas Peledakan Di *Pit E* Utara Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk ”**

Tugas Akhir ini disusun berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, laporan penelitian terdahulu, serta literatur dari berbagai sumber yang relevan dengan bidang pertambangan, khususnya aktivitas peledakan. Penyusunan Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari kontribusi berupa saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Sehubungan dengan itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta kelancaran dalam proses penyusunan dan Penyelesaian Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T. selaku Ketua Departement Teknik Pertambangan dan sekaligus Dosen Pembimbing Akademik.
2. Bapak Dr. Ir. Heri Prabowo, S.T., M.T selaku Koordinator Program Studi S-1 Teknik Pertambangan.

3. Ibu Riam Marlina Amsya, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, nasehat, inspirasi, serta wawasan yang sangat berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Dedi Yulhendra, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembahas I yang telah memberikan masukan dan saran demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Mulya Gusman, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembahas II yang telah memberikan masukan dan saran demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh jajaran dosen dan karyawan Departement Teknik Pertambangan yang membantu selama proses perkuliahan.
7. Bapak Robbi Hidayat selaku *Assistant Vice Presiden* Penunjang Tambang PT. Bukit Asam Tbk. yang telah memberi kesempatan untuk penelitian di Satuan Kerja Penunjang Tambang PT. Bukit Asam Tbk.
8. Bapak Muhammad Nur Muharrmy selaku *Assistant Manager* Pemboran dan Peledakan sekaligus alumni yang telah memberikan peran dan dukungan serta inspirasi selama penelitian di PT. Bukit Asam Tbk.
9. Ibu Shelpia Rosa Lena, selaku Pengawas Peledakan sekaligus pembimbing lapangan dan alumni, yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta ilmu yang sangat berharga kepada penulis selama penelitian di PT Bukit Asam Tbk.
10. Seluruh Staff dan Karyawan/i Satuan Kerja Penunjang Tambang PT. Bukit Asam Tbk yang tidak dapat disebutkan satu persatu sudah membantu, memberi ilmu, dan pelajaran yang berharga selama penelitian.
11. Seluruh Staff dan Karyawan/i PT. Dahana yang tidak bisa disebutkan satu-persatu turut membantu dalam pengambilan data penelitian penulis.

12. Seluruh Staff dan Karyawan PT. Madhani Talatah Nusantara yang telah membantu dalam pengambilan data selama di *Pit E* Utara Banko Tengah.
13. Kepada teman-teman seperjuangan Cheti, Kak Shintya, Nasyiwa, Suci, Ferdi, Habib, Zikri, Rinaldo, dan Fahri yang telah menemani, menyemangati dan membantu penulis dari awal penyusunan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
14. Kepada teman-teman Angkatan 21, terima kasih atas kebersamaan dan perjuangan yang telah kita lalui bersama.
15. Kepada senior dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu yang telah membantu penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini terlaksana dengan lancar.

Sebagai penutup, penulis berharap penelitian ini akan menjadi katalisator bagi diskusi yang bermanfaat dan berlangsung lama mengenai cara meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan di sektor pertambangan.

Padang, 11 Agustus 2025

Aisya Mulyanti
2021/21137065

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
BIODATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
MOTTO & HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Deskripsi Perusahaan	7
B. Dasar Teori	22
C. Penelitian Relevan	41
D. Kerangka Konseptual	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	56
A. Desain Penelitian	56
B. Objek dan Variabel Penelitian.....	58
C. Instrumen Penelitian	59
D. Tahap Penelitian	59
E. Diagram Alir Penelitian	67
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	65
A. Hasil Penelitian.....	65
B. Pembahasan	87
BAB V PENUTUP	86
A. Kesimpulan.....	86
B. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta IUP Lokasi Penelitian	10
Gambar 2. <i>Pit E</i> Utara Banko Tengah.....	11
Gambar 3. Peta Lokasi Kesampaian.....	12
Gambar 4. Peta Geologi Lokal PT Bukit Asam Tbk.....	17
Gambar 5. Litologi Stratigrafi	20
Gambar 6. Jarak <i>Toe Burden</i> Yang Terlalu Pendek	23
Gambar 7. Jarak <i>Burden</i> Yang Terlalu Pendek Sebagai Penyebab <i>Flyrock</i> (Bhandari, 1997)	24
Gambar 8. Pengaruh waktu tunda (<i>delay</i>)	26
Gambar 9. Mekanisme Terjadinya <i>Flyrock</i>	27
Gambar 10. Metode Penerapan <i>Airdeck</i>	38
Gambar 11. Skala <i>Scaled Depth Of Burial</i> (SDOB)	39
Gambar 12. Lokasi Peledakan <i>Pit E</i> Utara Banko Tengah.....	57
Gambar 13. Instrumen Penelitian	59
Gambar 14. Pengamatan Lemparan <i>Flyrock</i>	66
Gambar 15. Perbandingan <i>Flyrock</i> Prediksi & Aktual.....	70
Gambar 16. Peta Hasil Prediksi Lemparan <i>Flyrock</i>	72
Gambar 17. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Burden</i> menggunakan <i>Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	73
Gambar 18. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Burden Non Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	74

Gambar 19. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Spasi</i> menggunakan <i>Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	74
Gambar 20. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Spasi Non Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	75
Gambar 21. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Stemming</i> menggunakan <i>Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	75
Gambar 22. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Stemming Non Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	76
Gambar 23. Analisis Regresi Linear Sederhana Kedalaman Lubang menggunakan <i>Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	76
Gambar 24. Analisis Regresi Linear Sederhana Kedalaman Lubang <i>Non Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	77
Gambar 25. Analisis Regresi Linear Sederhana Diameter Lubang terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	77
Gambar 26. Analisis Regresi Linear Sederhana Burden Awal Menggunakan <i>Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	78
Gambar 27. Analisis Regresi Linear Sederhana Burden Awal <i>Non Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	78
Gambar 28. Analisis Regresi Linear Sederhana Panjang Kolom Isian menggunakan <i>Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	79
Gambar 29. Analisis Regresi Linear Sederhana Panjang Kolom Isian <i>Non Airdeck</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	79

Gambar 30. Analisis Regresi Linear Sederhana <i>Powder Factor</i> terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	80
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Curah Hujan <i>Pit E</i> Banko Tengah	21
Tabel 2. Nilai Koefisien Korelasi	35
Tabel 3. <i>Scaled Depth Of Burial</i>	39
Tabel 4. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	58
Tabel 5. Geometri Peledakan <i>Pit E</i> Utara Banko Tengah	65
Tabel 6. Jarak Lemparan <i>Flyrock</i> Aktual	66
Tabel 7. Prediksi Jarak Lemparan <i>Flyrock</i> Teoritis Menggunakan <i>Airdeck</i>	68
Tabel 8. Prediksi Jarak Lemparan <i>Flyrock</i> Teoritis <i>Non-Airdeck</i>	68
Tabel 9. Perbandingan Prediksi dan Aktual	69
Tabel 10. Hasil <i>Safety Factor</i>	71
Tabel 11. Hubungan Regresi Geometri Terhadap Lemparan <i>Flyrock</i>	80
Tabel 12. <i>Scaled Depth of Burial</i> pada Peledakan Aktual	81
Tabel 13. Rekomendasi <i>Scaled Depth Of Burial</i>	84
Tabel 14. Rekomendasi Geometri Usulan	84
Tabel 15. Hasil Lemparan <i>Flyrock</i> Menggunakan Rekomendasi Geometri	85
Tabel 16. Penggunaan <i>Fuel Consumption</i>	86
Tabel 17. Perbandingan Total <i>Fuel Consumption</i>	87

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 SPESIFIKASI PERALATAN DAN PERLENGKAPAN	91
LAMPIRAN 2 BLAST DESIGN	97
LAMPIRAN 3 GEOMETRI PELEDAKAN <i>PIT</i> E UTARA BANKO TENGAH	103
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN METODE EMPIRIK RICHARD & MOORE	105
LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN METODE ANALISIS DEMENSI EBRAHIM GHASEMI	107
LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN <i>SCALED DEPTH OF BURIAL</i>	126
LAMPIRAN 7 PERHITUNGAN RANCANGAN GEOMETRI PELEDAKAN	127
LAMPIRAN 8 DOKUMENTASI LAPANGAN	129

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kegiatan pertambangan batubara di Indonesia memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan energi nasional. Salah satu perusahaan yang memberikan kontribusi signifikan dalam sektor ini adalah PT Bukit Asam Tbk, bagian dari Holding BUMN Industri Pertambangan (MIND ID). Saat ini, PT Bukit Asam Tbk terus mengembangkan kegiatan penambangan terbuka di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Pada Unit Penambangan Tanjung Enim (UPTE), perusahaan ini mengelola lima wilayah izin usaha pertambangan (IUP), yaitu Tambang Air Laya, Tambang Muara Tiga Besar, Tambang Banko Barat, Tambang Banko Tengah Blok A, dan Tambang Banko Tengah Blok B.

Dalam penambangan terbuka, salah satu kegiatan penambangan adalah pembongkaran lapisan tanah penutup (*overburden*) yang dilakukan dengan metode pemboran dan peledakan. Di lokasi penelitian, yaitu *Pit E* Utara Banko Tengah, dilakukan kegiatan peledakan untuk memberai batuan *claystone* dan *sandstone*. Kedua jenis batuan ini memiliki karakteristik jenis batuan yang berbeda, sehingga desain geometri peledakan harus disesuaikan dengan kondisi lapangan. Menganalisis korelasi antara parameter geometri peledakan terhadap *flyrock* dilakukan untuk mengidentifikasi parameter mana yang memiliki hubungan paling kuat, sehingga dapat dianggap berpengaruh signifikan terhadap terjadinya *flyrock*. (Nababan et al., 2022).

Untuk mengatasi permasalahan *flyrock*, berbagai metode prediksi dan pengendalian telah dikembangkan, di antaranya pendekatan oleh Richard dan Moore serta analisis dimensi yang dikemukakan oleh Ghasemi. Metode Richard dan Moore dipilih karena memiliki keterkaitan parameter geometri peledakan (*burden*, *burden face*, *spasi*, *hole depth*, dan *powder factor*) terhadap jarak lemparan, sehingga cocok untuk menganalisis pengaruh teknis desain peledakan berdasarkan hasil aktual. (Moore & Richards, 2005) menjelaskan bahwa *flyrock* pada saat peledakan terjadi akibat ketidakseimbangan energi dalam kolom bahan peledak, yang dipicu oleh tiga mekanisme utama, yaitu *face burst*, *cratering*, serta *riffling* yang terjadi akibat penggunaan material *stemming* yang kurang baik. Sementara itu, metode Ebrahim Ghasemi dipilih karena metode ini menggunakan data aktual di lapangan, sehingga mampu memberikan hasil prediksi yang lebih representatif dengan tingkat deviasi rendah. (Ghasemi et al., 2012) menambahkan bahwa *flyrock* juga dapat disebabkan oleh ketidaktepatan parameter desain peledakan, seperti *stemming* yang tidak mencukupi, waktu tunda yang tidak sesuai, serta kondisi geologi yang tidak mendukung.

Teknik *airdeck* juga diterapkan sebagai solusi praktis di lapangan, dengan cara menyisakan ruang kosong dalam kolom bahan peledak untuk mengontrol distribusi energi ledakan. Penelitian oleh (Monjezi et al., 2022) membuktikan bahwa penggunaan teknik *airdeck* khususnya pada bagian *top airdeck* secara signifikan dapat mengurangi *flyrock* hingga 50%. Oleh karena itu, *airdeck* dianggap sebagai solusi efektif dan ekonomis dalam pengendalian *flyrock* serta

meningkatkan efisiensi peledakan, sesuai dengan prinsip *Good Mining Practice*. Parameter penting lainnya ialah pendekatan *Scaled Depth of Burial* (SDOB), digunakan untuk menentukan seberapa dalam bahan peledak harus ditempatkan berdasarkan jumlah muatannya, agar peledakan bisa menghasilkan fragmentasi yang baik sekaligus mengurangi risiko *flyrock* dan *airblast* serta tetap menghasilkan fragmentasi yang optimal. (Jang et al., 2023).

Berdasarkan data peledakan aktual di *Pit E* Utara Banko Tengah, jarak lemparan *flyrock* terjauh tercatat sebesar 61 meter. Sementara itu, jarak aman alat berat yang ditetapkan berdasarkan KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 adalah 300 meter dan untuk manusia adalah 500 meter. Namun, jarak ini dapat disesuaikan dengan hasil kajian teknis yang dilakukan perusahaan. Nantinya akan dilakukan pengoptimalan yang mana dapat menunjukkan bahwa lemparan *flyrock* akibat aktivitas peledakan masih berada dalam batas aman, dan dapat dilakukan pengoptimalan dalam pengurangan jarak aman unit alat berat. Proses evakuasi dan pengembalian alat berat yang terlalu jauh berpotensi meningkatkan konsumsi bahan bakar dan waktu operasional, sehingga berdampak langsung terhadap efisiensi biaya. Oleh karena itu, kajian mendalam terhadap parameter peledakan seperti SDOB, penggunaan *airdeck*, serta jarak lemparan *flyrock* menjadi penting untuk menentukan jarak evakuasi yang optimal dan tetap menjamin keselamatan kerja.

Berdasarkan permasalahan di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah ini ke dalam penelitian tugas akhir dengan judul “**Optimalisasi Jarak**

Evakuasi Alat Berat Melalui Analisis *Flyrock* Dan Penerapan Metode *Airdeck* Berbasis SDOB Pada Aktivitas Peledakan Di *Pit E* Utara Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk”

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah sebagai berikut:

1. Penetapan jarak evakuasi unit alat berat sejauh 300 meter dinilai tidak efektif jika dibandingkan dengan jarak lemparan *flyrock* maksimum di lapangan yang hanya mencapai 61 meter.
2. Belum dilakukannya penelitian mengenai penggunaan metode *airdeck* yang efektif dalam pengoptimalan design peledakan dalam mengurangi *flyrock*.
3. Belum tercapainya target perusahaan melakukan pengurangan jarak aman evakuasi alat berat di *Pit E* Utara Banko Tengah.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan pada *Pit E* Utara Banko Tengah dengan rentang dari bulan Oktober - Desember 2024
2. Untuk penentuan jarak aman unit alat berat, penelitian ini hanya befokus pada salah satu efek dari peledakan, yaitu *flyrock*
3. Hanya menggunakan metode prediksi dari Richard & Moore dan Ebrahim Ghasemi untuk penentuan jarak lemparan *flyrock* maksimum teoritis
4. Penelitian ini menggunakan usulan geometri berdasarkan hasil dari SDOB yang mana hanya mengubah panjang *stemming* dan tidak berdasarkan teori

rekomendasi geometri karena, menggunakan geometri yang telah ditetapkan perusahaan, seperti *burden* dan *spasi*.

5. Penghitungan *fuel consumption* hanya pada Excavator Komatsu PC-2000 dan PC-1250

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana perbandingan jarak lemparan *flyrock* aktual dengan hasil prediksi menggunakan metode empiris Richard & Moore serta analisis dimensi oleh Ebrahim Ghasemi?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan teknik *airdeck* dan rancangan panjang *stemming* yang lebih optimal terhadap jarak lemparan *flyrock* guna dilakukannya *reduce* jarak aman alat berdasarkan analisis SDOB di *Pit E* Utara Banko Tengah?
3. Bagaimana perbandingan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) unit alat berat Excavator Komatsu PC-2000 dan PC-1250 akibat perbedaan jarak evakuasi 300 meter dan 150 meter?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dan membandingkan jarak lemparan *flyrock* aktual dengan hasil prediksi menggunakan metode empiris Richard & Moore serta analisis dimensi oleh Ebrahim Ghasemi.
2. Menganalisis pengaruh teknik *airdeck* terhadap jarak lemparan *flyrock* guna memperoleh rekomendasi rancangan panjang *stemming* yang optimal

berdasarkan analisis *Scaled Depth of Burial* (SDOB), sehingga dapat digunakan untuk mengurangi jarak aman alat berat pada aktivitas peledakan di *Pit E* Utara Banko Tengah.

3. Membandingkan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) unit alat berat Excavator Komatsu PC-2000 dan PC-1250 pada jarak evakuasi sejauh 300 meter dan 150 meter.

F. Manfaat Penelitian

1. Bagi perusahaan, memperoleh rekomendasi teknis yang dapat mengoptimalkan desain peledakan untuk mengurangi jarak lemparan *flyrock* secara aman, sehingga memungkinkan penyesuaian jarak evakuasi alat berat yang lebih efisien serta menurunkan konsumsi bahan bakar dan biaya operasional.
2. Bagi penulis, untuk meningkatkan kemampuan dan keterampilan dalam menganalisis suatu permasalahan terutama dalam bidang pertambangan, serta sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana teknik pertambangan.
3. Bagi departemen teknik pertambangan, penelitian ini dapat memperkaya literatur khususnya yang berkaitan dengan pengendalian *flyrock* dan efisiensi operasional tambang melalui penerapan metode *airdeck* dan analisis SDOB.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Jarak lemparan *flyrock* aktual yang tercatat di *Pit E* Utara Banko Tengah berkisar antara 5,17 - 61 meter, dengan rata-rata sebesar 28,76 meter. Hasil prediksi menggunakan metode empiris Richard & Moore dan analisis dimensi oleh Ebrahim Ghasemi menunjukkan perbedaan terhadap data aktual. Metode Richard & Moore kategori *cratering* menghasilkan nilai yang paling mendekati aktual dengan deviasi sebesar 7,95%, sedangkan metode Ghasemi cenderung menghasilkan prediksi yang lebih rendah dari nilai aktual. Oleh karena itu, metode Richard & Moore lebih representatif untuk kondisi lapangan di lokasi penelitian.
2. Penggunaan teknik *airdeck* dan rencana panjang *stemming* sebesar 5 meter berdasarkan nilai rata-rata *Scaled Depth of Burial* (SDOB) sebesar 1,56 m/kg^{1/3} menunjukkan bahwa energi peledakan masih terkendali (*controlled energy*) dan menghasilkan *flyrock* yang minim. Rancangan ini dinilai efektif dalam mengurangi potensi lemparan *flyrock* berlebih serta tetap menjaga kualitas fragmentasi batuan. Dari hasil analisis regresi sederhana, panjang *stemming* memberikan pengaruh terbesar terhadap jarak lemparan *flyrock* dengan kontribusi sebesar 73,08%. Faktor eksternal seperti kondisi lubang berair dan ketidaksesuaian dalam pengisian bahan peledak turut berkontribusi terhadap jarak lemparan *flyrock*.

3. Perbandingan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) pada Excavator Komatsu PC-2000 dan PC-1250 menunjukkan bahwa pengurangan jarak aman dari 300 meter menjadi 150 meter dapat menekan konsumsi bahan bakar sekitar 50%, tergantung posisi unit dan kondisi jalan. Usulan jarak aman 150 meter masih berada dalam batas aman sesuai standar dua kali jarak lemparan maksimum berdasarkan metode Richard & Moore, yaitu 122 meter. Oleh karena itu, optimalisasi jarak aman alat berat memberikan kontribusi langsung terhadap efisiensi operasional tambang, penurunan biaya bahan bakar, serta pengurangan potensi kerugian pendapatan akibat waktu tunggu selama kegiatan peledakan.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dapat menerapkan rancangan ini di lapangan agar terlihat kekurangan dari data rancangan yang dirokemendasikan dan dapat digunakan untuk rancangan kedepannya.
2. Kontrol terhadap pengisian *stemming* harus selalu dilakukan agar lubang ledak benar terisi penuh oleh cutting pemboran dengan campuran kerikil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghifari, K. A., & Alghifari, K. A. (2023). Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Aktivitas Peledakan *Overburden* Di *Pit E Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan*. http://repository.pepbandung.ac.id/index.php?p=show_detail&id=239
- Anggoro, H. (2023). Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Unit Alat Pada Peledakan *Overburden Pt Putra Perkasa Abadi Site Pt Borneo Indobara Kalimantan Selatan*. 1–23.
- Bhandari, S. (1997). *Engineering rock blasting operations* (p. 388).
- Biessikirski, A., Bodziony, P., & Dworzak, M. (2024). Energy Consumption and Fume Analysis: A Comparative Analysis of the Blasting Technique and Mechanical Excavation in a Polish Gypsum Open-Pit Mine. *Energies*, 17(22). <https://doi.org/10.3390/en17225662>
- Fikri, A., Moralista, E., & Yuliadi. (2019). Analisis Peledakan Air Decking terhadap Jarak Lemparan *Flyrock* guna Memperkecil Jarak Evakuasi Alat – Alat Mekanis di PT Multi Nitrotama Kimia (PT MNK) Jobsite PT Alamjaya Bara Pratama (Pt ABP) Pendahuluan Perhitungan Perkiraan Jarak Lemparan *Flyi*. 5(2), 1–8.
- Ghasemi, E., Sari, M., & Ataei, M. (2012). Development of an empirical model for predicting the effects of controllable blasting parameters on *flyrock* distance in surface mines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 52, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.03.011>
- Jang, H., Hong, S., & Hwang, S. (2023). Determining the Pocket Charge Design

- for Effective Fragmentation of Caprock in Surface Mine Blast Operations. *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, 60(4), 211–222. <https://doi.org/10.32390/ksmer.2023.60.4.211>
- Ltd., K. (2009). *Lembar Spesifikasi Ekskavator Ultra PC2000-8 (CEN00130-03)*. 10. www.komatsu.com
- Monjezi, M., Amiri, H., Seyed Mousavi, M. N., Hamidi, J. K., & Khandelwal, M. (2022). Comparison and application of top and bottom air decks to improve blasting operations. *AIMS Geosciences*, 9(1), 16–33. <https://doi.org/10.3934/geosci.2023002>
- Moore, A. J., & Richards, A. B. (2005). Golden Pike Cut-Back *Flyrock* Control and Calibration of a Predictive Model. *Terrock Consulting Engineers Pty Ltd*, November 2005, 38.
- Nababan, S. V. A., Santoso, E., & Kartini, K. (2022). Analisis prediksi jarak lemparan *flyrock* pada kegiatan peledakan di PT Darma Henwa. *Jurnal Himasapta*, 7(2), 79. <https://doi.org/10.20527/jhs.v7i2.6436>
- Putri, H. A., Yuliadi, & Marmer, D. (2017). Analisis Arah dan Jarak Lemparan Fly Rock Akibat Kegiatan Peledakan di PT Dahana Jobsite PT Adaro Indonesia , Kabupaten Tabalong , Provinsi Kalimantan Selatan The Analysis of The *Flyrock* ' s Direction and Distance Due to Blasting Activities at. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 3(2), 610–619. <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/pertambangan/article/view/7767>
- Site, K., North, C., Azzahra, S., Samanlangi, A. I., & Faizah, A. Al. (2023). *Kajian Teknis Geometri Peledakan terhadap Flyrock Hasil Peledakan di PT .*

- Petrosea Kbl Site Ccm Kalimantan Utara Technical Study of Blasting Geometry on Flyrock Blast Results at PT . Petrosea. 2023(1), 9–16.*
- Szendrei, T., & Tose, S. (2023). *Flyrock* in surface mining Part II —Causes, sources, and mechanisms of rock projection. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 123(12), 557–564.
<https://doi.org/10.17159/2411-9717/2583/2023>
- Taylor, R. (2010). *Macraes Phase III Vibration and Air Blast Assessment*.
- Putri, N. G. (2022). Analisis *flyrock* untuk mengurangi jarak aman minimum alat pada operasi peledakan *overburden* PT. Antareja Mahada Makmur site PT. Multi Harapan Utama kalimantan timur. 1–199.
<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/65186>
- Site, K., North, C., Azzahra, S., Samanlangi, A. I., & Faizah, A. Al. (2023). *Kajian Teknis Geometri Peledakan terhadap Flyrock Hasil Peledakan di PT . Petrosea Kbl Site Ccm Kalimantan Utara Technical Study of Blasting Geometry on Flyrock Blast Results at PT . Petrosea. 2023(1), 9–16.*
- Taruna, P. T., Tama, N., Syafa, A. B., & Yulhendra, D. (2024). Analisis Prediksi Jarak *Flyrock* Menggunakan Metode Richard & Moore, PT Taruna Nusa Tama. 9(2), 126–133.
- Triyanda, A., & Kopa, R. (2021). Kajian Teknis Lemparan *Flyrock* pada Pit 303 Jembayan PT Pamapersada Nusantara Distrik Baya Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*, 6(2), 145–156.