

TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI *BURDEN DAN SPACING RATIO* UNTUK MENINGKATKAN FRAGMENTASI PADA *PIT* E UTARA *SITE* BANKO TENGAH PT. BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

*Diajukan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi S1
Teknik Pertambangan*



Oleh:

DHAIFULLAH ABIMAYU
21137010/2021

**DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

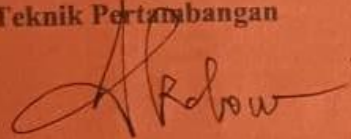
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI *BURDEN DAN SPACING RATIO* UNTUK
MENINGKATKAN FRAGMENTASI PADA *PITE UTARA SITE* BANKO
TENGAH PT. BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM, SUMATERA
SELATAN**

Nama : Dhaifullah Abimayu
NIM : 21137010
Program studi : S1 Teknik Pertambangan
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

**Koordinator Program Studi S-1
Teknik Pertambangan**



Dr. Ir. Heri Prabowo, S.T., M.T.
NIP. 19781014 200312 1 002

Pembimbing

Ir. Dedi Yulhendra, S.T., M.T.
NIP. 19800915 200501 1 005

Mengetahui

Kepala Departemen Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Padang

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

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Dhaifullah Abimayu

NIM/TM : 21137010/2021

Program Studi : Teknik Pertambangan (S-1)

Departemen : Teknik Pertambangan

Fakultas : 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 *Burden* dan *Spacing Ratio* untuk meningkatkan fragmentasi
pada *Pit E Utara Site Banko Tengah PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim,*
Sumatera Selatan.

Padang, November 2025

Tim Penguji

Ir. Dedi Yulhendra , S.T., M.T.

Dr. Ir. Mulya Gusman, S.T., M.T. C.T

Ir. Tri Gamela Saldy, 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 : DHAIFULLAH ABIMAYU
NIM/TM : 21137010/ 2021
Program Studi : SI - Teknik Pertambangan
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

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

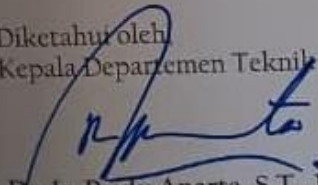
"Optimalisasi Burden dan Spacing Ratio untuk Meningkatkan Fragmentasi Pada
Pit E Utara Site Banko Tengah PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung
Enim, Sumatera Selatan.

....."

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, 19 NOVEMBER 2025

yang membuat pernyataan,




DHAIFULLAH ABIMAYU

BIODATA DIRI



I. Data Diri

Nama Lengkap : Dhaifullah Abimayu
Tempat/ Tanggal Lahir : Padang Panjang/ 28 Mei 2003
Nama Bapak : Zainal
Nama Ibuk : Aprinita
Jumlah Bersaudara : 2 (Dua)
Alamat tetap : Jl.Asrama Tribrata No.93 Pematang Pudu
Agama : Islam
Telp. : 087815009680

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SDN 17 Pematang Pudu
Sekolah Lanjutan Pertama : SMP N 9 Mandau
Sekolah Lanjutan Atas : SMA N 4 Mandau
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Laporan Penelitian

Tempat Penelitian : PT. Bukit Asam Tbk.
Tanggal Penelitian : 20 Januari 2025 – 27 Maret 2025
Topik Penelitian : ” **Optimalisasi *Burden* dan *Spacing Ratio* untuk meningkatkan fragmentasi pada *Pit E* Utara *Site Banko* Tengah PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan**”

Padang, 24 November 2025

Dhaifullah Abimayu

21137084/2021

ABSTRAK

Abimayu Dhaifullah, 2025. ” Optimalisasi *Burden* dan *Spacing Ratio* untuk meningkatkan fragmentasi pada *Pit E Utara Site Banko* Tengah PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan.”

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan nilai *burden* dan *spacing ratio* guna meningkatkan kualitas fragmentasi batuan pada kegiatan peledakan di *Pit E Utara, Site Banko* Tengah PT Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim. Permasalahan utama yang ditemukan di lapangan adalah ukuran fragmentasi yang belum mencapai target perusahaan, yaitu $D_{80} \leq 50$ cm, serta munculnya material *oversize* hingga ± 80 cm yang menghambat produktivitas alat gali-muat. Penelitian dilakukan melalui pengumpulan data geometri peledakan aktual, dokumentasi fragmentasi, serta analisis menggunakan perangkat lunak *Wipware Wipfrag 3.3* dan model empiris *Kuz-Ram*. Perbandingan distribusi ukuran fragmentasi dari kedua metode digunakan sebagai dasar evaluasi tingkat keseragaman fragmentasi. Selain itu, dilakukan analisis hubungan antara *burden* dan *spacing ratio* dan nilai D_{50} untuk menilai pengaruh geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *burden* dan *spacing* aktual belum sepenuhnya memenuhi kondisi optimum, yang berdampak pada fragmentasi kasar dan tingginya persentase *boulder*. Melalui perhitungan geometri berdasarkan metode *ICI-Explosives* dan *R.L. Ash*, diperoleh rekomendasi konfigurasi *burden* dan *spacing ratio* yang mampu meningkatkan kualitas fragmentasi serta memperbaiki waktu penggalian. Optimalisasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi kebutuhan *secondary blasting*, serta mendukung peningkatan produktivitas tambang secara keseluruhan.

Kata kunci: *Peledakan, Fragmentasi, Geometri Peledakan, burden dan spacing ratio, Kuz-Ram, Wipware Wipfrag 3.3, ICI- Explosives, R.L Ash* .

ABSTRACT

Abimayu Dhaifullah, 2025. ” *Optimization of Burden and Spacing Ratio to improve fragmentation in Pit E North, Banko Tengah Site, PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, South Sumatra.* “

This study focuses on optimizing the burden and spacing ratio to improve rock fragmentation in blasting operations at Pit E North, Banko Tengah Site, PT Bukit Asam Tbk., South Sumatra. Current field conditions show that the actual fragmentation often fails to achieve the company’s target of $D_{80} \leq 50$ cm, with oversize fragments reaching up to 80 cm. These oversized materials reduce digging efficiency, extend excavation time, and increase the need for secondary blasting, ultimately lowering overall productivity. The purpose of this research is to evaluate the effectiveness of the existing blasting geometry and to propose an optimized burden and spacing ratio capable of generating more uniform and finer fragmentation. Data were collected through field measurements, documentation of post-blast fragmentation, and supporting blast design records. Fragment size distribution was analyzed using Wipware Wipfrag 3.3 for actual fragmentation and the Kuz-Ram model for predicted fragmentation. A comparative assessment was conducted to determine consistency between both methods and to analyze the relationship between burden–spacing ratio and D50 values. Results indicate that the current blasting geometry has not reached optimal conditions, as reflected by coarse fragmentation and high boulder percentages. Based on calculations using ICI-Explosives and R.L. Ash methods, an improved burden and spacing configuration is proposed. This optimized design is expected to enhance fragmentation quality, reduce excavation time, minimize secondary blasting, and increase operational efficiency.

Keywords: *Blasting, Fragmentation, Blasting Geometry, Burden and Spacing Ratio, Kuz-Ram, Wipware Wipfrag 3.3, ICI-Explosives, R.L. Ash*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas berkat dan Rahmat-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Pada Tugas Akhir ini, pembahas mengambil Topik Bahasan yang berjudul “*Optimalisasi Burden dan Spacing Ratio untuk meningkatkan fragmentasi pada Pit E Utara Site Banko Tengah PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan.*”

Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Program S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan Keluarga Besar yang telah memberikan cinta, kasih sayang dan dorongan baik moril maupun material yang selalu menjadi penyemangat hidup.
2. Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Dr. Ir. Heri Prabowo, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
4. Ir. Dedi Yulhendra, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini
5. Ranga Agung Pribadi Heriawan, S.Si., M.T Selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang
6. Bapak Arsal Ismail selaku Direktur Utama PT. Bukit Asam, Tbk.

7. Bapak Robbi Hidayat selaku Assistant Vice President Satuan Kerja Penunjang Tambang PT. Bukit Asam, Tbk.
8. Bapak Muhammad Nur Muharmy selaku Assitant Manager Pemboran dan peledakan PT. Bukit Asam, Tbk
9. Bapak Riky Giyantara selaku pembimbing lapangan dan laporan di PT. Bukit Asam, Tbk.
10. Seluruh Staf dan Karyawan PT. Bukit Asam Tbk.
11. Dosen, Staf pengajar dan Karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
12. Teman-teman Mahasiswa/Mahasiswi Universitas Negeri Padang, khususnya Mahasiswa/Mahasiswi dari jurusan Teknik Pertambangan angkatan 2021.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini. Penulis juga menyadari bahwa penulisan laporan ini jauh dari kesempurnaan, karena itu penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan Pengalaman lapangan Industri ini bermanfaat bagi kita semua.

Padang, 24 November 2025

Dhaifullah Abimayu

21137010/2021

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR..Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI ..Error! Bookmark not defined.	
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT ...Error! Bookmark not defined.	
BIODATA DIRI	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Deskripsi Perusahaan.....	6
1. Lokasi Daerah dan Kesampaian Daerah.....	6

2. Kondisi Topografi dan Geomorfologi	7
3. Keadaan Geologi dan Stratigrafi	8
4. Iklim dan Curah Hujan	11
B. Teori Dasar.....	13
1. Peledakan.....	13
2. Geometri Peledakan Menurut <i>R.L Ash</i>	13
3. Geometri Peledakan Menurut <i>ICI Explosives</i>	19
4. <i>Powder Factor</i>	20
5. Fragmentasi.....	22
6. Persamaan Regresi Linear	25
7. <i>Python</i>	26
8. <i>Wipware Wipfrag 3.3</i>	26
C. Penelitian Relevan	29
D. Kerangka Konseptual	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	43
A. Desain Penelitian	43
1. Jenis Penelitian	43
2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	43
3. Instrumen Penelitian	44
4. Teknik Pengumpulan data	45
5. Pembahasan	49
6. Tahapan Penyusunan	50
7. Kesimpulan	50

B. Diagram Penelitian	51
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	52
A. Hasil Penelitian	52
1. Ukuran Distribusi Fragmentasi berdasarkan <i>wipware wipfrag</i>	52
2. Ukuran Distribusi Fragmentasi berdasrkan Model <i>Kuz-Ram</i> ...	62
3. <i>Burden</i> dan <i>Spacing Ratio</i> berdasarkan Geometri Peledakan ..	68
B. Pembahasan	71
1. Perbandingan Ukuran distribusi fragmentasi <i>wipware wipfrag</i>	
3.3 dengan ukuran distribusi pada model <i>Kuz-Ram</i>	71
2. Perbandingan Persentase Kelolosan fragmentasi D50 pada	
<i>wipware wipfrag</i> 3.3 dengan X50 pada Model <i>Kuz-Ram</i>	74
3. Pengaruh Ukuran Distribusi Fragmentasi Aktual D50 dengan	
<i>burden</i> dan <i>spacing ratio</i>	77
4. Perhitungan nilai <i>burden</i> dan <i>spacing ratio</i> dengan metode <i>ICI</i>	
<i>Explosives</i> dan <i>R.L Ash</i>	78
BAB V PENUTUP	86
A. Kesimpulan	86
B. Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	93

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Kesampaian daerah	6
Gambar 2. Peta WIUP PT. Bukit Asam, Tbk.	9
Gambar 3. Susunan Stratigrafi <i>Pit E</i>	10
Gambar 4. Terminologi Dalam Geometri Peledakan	14
Gambar 5. Tampilan fragmentasi menggunakan <i>Software Wipfrag 3.3</i>	27
Gambar 6. Teknik pengambilan gambar fragmentasi	29
Gambar 7. Langkah-langkah utama dalam analisis pemrosesan gambar	53
Gambar 8. Analisis <i>wipware wipfrag 3.3</i> Pada Peledakan 1	53
Gambar 9. Analisis <i>wipware wipfrag 3.3</i> Pada Peledakan 2	54
Gambar 10. Analisis <i>wipware wipfrag 3.3</i> Pada Peledakan 3	54
Gambar 11. Analisis <i>wipware wipfrag 3.3</i> Pada Peledakan 4	54
Gambar 12. Analisis <i>wipware wipfrag 3.3</i> Pada Peledakan 7	54
Gambar 13. Diagram Batang D50 pada <i>wipware wipfrag 3.3</i>	59
Gambar 14. Histogram Nilai Indeks Keceragaman pada <i>wipware wipfrag 3.3</i> ..	60
Gambar 15. Hubungan nilai D50 dengan X_{max} pada <i>wipware wipfrag 3.3</i>	61
Gambar 16. Diagram batang X50 pada model <i>Kuz-Ram</i>	64
Gambar 17. Histogram Indeks Keceragaman berdasarkan Model <i>Kuz-Ram</i>	66
Gambar 18. Diagram Batang Perbandingan D50 dan X50	73
Gambar 19. Kurva Distribusi Fragmentasi Antara D50 dan X50	75
Gambar 20. Hubungan D50 dengan <i>burden</i> dan <i>spacing ratio</i>	77
Gambar 21. Hubungan <i>burden</i> dan <i>spacing ratio</i> dengan X50 (<i>ICI-Explosives</i>)	79

Gambar 22. Hubungan *burden* dan *spacing ratio* dengan X50 (R.L. Ash)..... 83

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Curah Hujan <i>Pit E</i> Utara Banko Tengah	11
Tabel 2. KB <i>Standard</i>	16
Tabel 3. Standar Nilai <i>Powder Factor</i> Pada <i>Surface Blasting</i> (USBM. 1983)	20
Tabel 4. Klasifikasi Nilai Indeks Keseragaman Fragmentasi	24
Tabel 5. Parameter Perhitungan <i>Rock Factor</i>	24
Tabel 6. Rencana Kegiatan Penelitian.....	44
Tabel 7. Hasil Persentase Kelolosan berdasarkan <i>wipware wipfrag 3.3</i>	56
Tabel 8. Indikator fragmentasi pada <i>wipware wipfrag 3.3</i>	57
Tabel 9. Distribusi Fragmentasi dengan model <i>Kuz-Ram</i>	63
Tabel 10. Karakteristik Fragmentasi berdasarkan model <i>Kuz-Ram</i>	65
Tabel 11. Hasil Persentase Kelolosan berdasarkan model <i>Kuz-Ram</i>	67
Tabel 12. Nilai <i>Burden</i> dan <i>Spacing</i> Rencana.....	69
Tabel 13. Nilai <i>Burden</i> dan <i>Spacing</i> aktual.....	70
Tabel 14. Perbandingan D50 dan X50	72
Tabel 15. Ukuran Distribusi Fragmentasi D50 dan X50.....	75
Tabel 16. Geometri Usulan Berdasarkan <i>ICI-Explosives</i>	79
Tabel 17. Geometri usulan berdasarkan metode <i>R.L ash</i>	82
Tabel 18. Geometri Usulan berdasarkan Metode <i>R.L Ash</i> dan <i>ICI Explosives</i> setelah <i>trial</i>	84

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. <i>Blast Design</i>	93
B. <i>Analysis Image Wipfrag 3.3</i>	108
C. Geometri Peledakan	119
D. <i>Blasting Index</i>	121
E. Perhitungan <i>Energi Coverage</i>	121
F. Perhitungan <i>Scaled Depth of Burial</i>	125
G. Perhitungan Geometri Peledakan Berdasarkan <i>ICI-Explosives</i>	126
H. Perhitungan Geometri Peledakan Berdasrkan <i>R.L Ash</i>	129

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar belakang masalah

Peledakan merupakan salah satu tahapan penting dalam kegiatan penambangan yang bertujuan untuk membongkar massa batuan menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga dapat diproses lebih lanjut. Proses ini memiliki peranan yang sangat besar dalam menentukan kelancaran operasional tambang, baik dari segi penggalan maupun pengangkutan material. Kualitas peledakan yang baik sangat bergantung pada desain yang tepat, yang memperhatikan aspek geologi, jumlah bahan peledak, pola peledakan, dan ukuran fragmentasi yang dihasilkan (Adesida. 2022). Oleh karena itu, untuk memastikan keberhasilan pada kegiatan penambangan, perencanaan peledakan yang optimal sangat dibutuhkan.

Keberhasilan peledakan sangat bergantung pada desain geometri peledakan, terutama parameter *burden* dan *spacing ratio*, yang berpengaruh langsung terhadap hasil fragmentasi batuan. *Burden* yaitu jarak tegak lurus dari lubang ledak ke bidang bebas dan *spacing* yaitu jarak antar lubang ledak dalam satu baris. *Burden dan Spacing Ratio* didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai *spacing* terhadap nilai *burden* (S/B). Rasio ini sangat penting untuk menentukan pola pemboran dan memastikan interaksi energi ledakan yang efisien serta ukuran distribusi fragmentasi yang dihasilkan.

Namun, dalam kegiatan penambangan di PT. Bukit Asam Tbk, khususnya di *pit* e utara. kegiatan peledakan masih menghadapi permasalahan berupa ukuran fragmentasi batuan yang belum mencapai target perusahaan, yaitu

50 cm. Fragmentasi batuan yang dihasilkan belum mencapai target yang telah ditentukan serta terdapat material oversized sekitar 80 cm sehingga perlu dilakukan optimasi. Kondisi ini menyebabkan munculnya banyak *boulder* atau bongkah batuan berukuran besar yang sulit ditangani oleh alat gali-muat. Akibatnya, terjadi penurunan produktivitas, meningkatnya waktu penggalian, serta bertambahnya kebutuhan kegiatan *secondary blasting* yang berdampak pada kenaikan biaya dan waktu operasi. Dalam kegiatan peledakan, tingkat keberhasilan fragmentasi umumnya dinyatakan dalam parameter ukuran butir seperti D50 yaitu ukuran median fragmentasi dan D80 yaitu ukuran di mana 80% fragmentasi berukuran lebih kecil. Pada penelitian ini, target fragmentasi 50 cm ditetapkan berdasarkan nilai D80, karena parameter tersebut lebih mewakili efisiensi alat muat angkut di lapangan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu dilakukan optimasi terhadap nilai *Burden* dan *spacing ratio* yang digunakan dalam peledakan. Optimasi *burden* dan *spacing ratio* bertujuan untuk memperoleh fragmentasi batuan yang sesuai. Dengan optimasi yang tepat, tidak hanya fragmentasi batuan yang dapat mencapai target, tetapi kinerja alat gali-muat juga akan meningkat, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan produktivitas operasional tambang secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka penulis tertarik untuk memilih penelitian dengan judul “Optimasi *Burden* dan *Spacing Ratio* Untuk Meningkatkan fragmentasi pada *pit* di utara *site* Banko Tengah PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan.”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, penulis mengidentifikasi masalah diantaranya

1. Ukuran distribusi fragmentasi aktual belum mencapai target PT. Bukit Asam, Tbk yaitu 50 cm
2. Ukuran distribusi fragmentasi hasil prediksi dengan model *Kuz-Ram* perlu dibandingkan dengan keadaan distribusi fragmentasi aktual untuk mengetahui tingkat kesesuaian ukuran distribusi.
3. Geometri Peledakan berupa *Burden* dan *Spaicing Ratio* yang belum optimal yang dapat mempengaruhi dari ukuran distribusi fragmentasi

C. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah di atas, agar penelitian ini dapat dilakukan secara terstruktur, terarah, dan dapat mencapai target yang diinginkan, maka dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan pada peledakan di PT. Bukit Asam Tbk, *site* Banko Tengah yang hanya mencakup *Pit E* Utara, dan tidak dapat di generalisasikan dalam lokasi dan geologi.
2. Geometri yang menjadi fokus penelitian adalah *burden*, *spacing*, *stemming*, kedalaman lubang dan lainnya. Parameter geometri lainnya tidak dilakukan perubahan seperti *subdrill* karena merupakan bagian dari perencanaan pihak engineering PT. Bukit Asam Tbk,

3. Penelitian tidak akan mencakup pengkajian terhadap biaya bahan peledak, biaya operasional, atau biaya lain yang terkait dengan perubahan geometri peledakan

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari identifikasi masalah dan batasan masalah, penulis merumuskan beberapa permasalahan diantaranya:

1. Bagaimana hasil distribusi fragmentasi aktual dengan menggunakan *Wipware Wipfrag 3.3* ?
2. Bagaimana hasil distribusi fragmentasi dengan menggunakan model *Kuz-Ram* ?
3. Bagaimana rekomendasi *burden* dan *spacing ratio* yang optimal agar dapat mencapai fragmentasi serta waktu penggalian ?

E. Tujuan Penelitian

Terdapat tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mendapatkan distribusi fragmentasi aktual berdasarkan perangkat lunak *wipware wipfrag 3.3* pada peledakan di *pit* e utara *site* Banko tengah di PT. Bukit Asam. Tbk
2. Mendapatkan distribusi fragmentasi dengan model *Kuz-Ram* pada *pit* e utara *site* Banko tengah di PT. Bukit Asam. Tbk
3. Memberikan nilai *burden* dan *spacing ratio* yang optimal untuk mencapai fragmentasi pada *pit* e utara pada PT. Bukit Asam, Tbk. *site* Banko Tengah.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Memperoleh Hasil Fragmentasi yang optimal untuk mencapai target perusahaan PT. Bukit Asam Tbk.
2. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Menambah pengetahuan penulis dan pembaca mengenai pembelajaran di bidang pertambangan khususnya terkait peledakan tambang dan menambah pengetahuan serta mendorong untuk berpikir kritis dalam memecahkan masalah selanjutnya.
4. Dapat dijadikan sebagai referensi bagi perusahaan dalam mengambil keputusan terkait modifikasi geometri peledakan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti dapat mengambil kesimpulan antara lain:

1. Ukuran distribusi fragmentasi berdasarkan *wipware wipfrag 3.3* menunjukkan bahwa ukuran fragmentasi aktual cenderung lebih halus pada peledakan 10 dengan ukuran 97,64 mm, tetapi terdapat beberapa peledakan yang ukuran fragmentasi cenderung kasar seperti pada peledakan 9 dengan ukuran 382,7 mm.
2. Ukuran distribusi fragmentasi berdasarkan prediksi model *Kuz-Ram* menunjukkan bahwa ukuran fragmentasi yang cenderung lebih kasar dengan ukuran yang bervariasi, seperti peledakan 9 dengan ukuran 913,8 mm dan peledakan 27 dengan ukuran 563,30 mm
3. Setelah dilakukan perhitungan geometri peledakan menurut *R.L Ash* di dapatkan geometri usulan yaitu *burden* 4,20 m, *spacing* 6,3 m, *burden* dan *spacing ratio* 1,5 dan *powder factor* 0,18 kg/bcm. Berdasarkan perhitungan geometri peledakan menurut *ICI-explosives* didapatkan geometri usulan yaitu *burden* 5 m, *spacing* 6,5 m, *burden* dan *spacing ratio* 1,3 dan *powder factor* 0,17 Kg/bcm.

B. Saran

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan kedepannya adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya, perlu meningkatkan kualitas dokumentasi foto (pencahayaan dan skala) saat pengambilan gambar untuk analisis *wipware wipfrag 3.3* yang lebih akurat.
2. Perangkat lunak *wipware wipfrag 3.3* terbukti efektif dalam menganalisis hasil fragmentasi. Untuk penelitian maupun operasi berikutnya, disarankan penggunaan perangkat dengan resolusi tinggi serta kalibrasi pencahayaan yang baik agar hasil analisis lebih representatif.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan mengkaji lebih dalam pengaruh parameter lain seperti *stemming length*, jenis bahan peledak, serta variasi *delay time* terhadap fragmentasi dan getaran tanah. Analisis biaya peledakan dan efisiensi ekonomi juga penting ditambahkan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap efektivitas rancangan peledakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesida, P. A. (2022). Powder factor prediction in blasting operation using rock geomechanical properties and geometric parameters. *International Journal of Mining and Geo-Engineering*, 56(1), 25–32. <https://doi.org/10.22059/IJMGE.2021.310930.594870>
- Agyei, G., & Nkrumah, M. O. (2021). A review on the prediction and assessment of powder factor in blast fragmentation. *Nigerian Journal of Technology*, 40(2), 275–283. <https://doi.org/10.4314/njt.v40i2.13>
- Arif, M., & Faisal, M. (2023). Penerapan Model Regresi Linear Untuk Estimasi Mobil Bekas Menggunakan Bahasa Python. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 11(2), 182–191. <https://doi.org/10.37905/euler.v11i2.20698>
- Ash, R. L. (1973). The influence of geological discontinuities on rock blasting. University of Minnesota. <https://search.proquest.com/openview/36af893937ea81928650f586b32b0e63/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Ash, RL. 1990. The Design of Blasting Round, Surface Mining. B.A Kennedy, Editor, SME, Port City Press, Baltimore.
- Beelen, A., Bravo, J., Wimmer, B., & Yilmaz, E. (2020). Automatic blast fragmentation analysis using UAV-based photogrammetry and image processing. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 34(8), 532–547. <https://doi.org/10.1080/17480930.2019.1696257>
- Blake. (1989). The Geological Regional and Tectonic of South Sumatra Basin. Proceedings 11th Annual Convention IPA.
- Brunton, 2003. Impact of Blast Fragmentation on Hydraulic Excavator Dig Time. Fifth Large Open Pit Mining Conference. Kalgoorlie, WA
- Channabassamma, N., Avchar, A., & Sastry, V. R. (2025). Influence of Stiffness Ratio and Powder Factor on *Burden* Rock Movement in Blasting Operations: A Case Study on Limestone Mines. *Disaster Advances*, 18(5), 82–91. <https://doi.org/10.25303/185da82091>
- Chiappetta, F. R. (2010). Combining Electronic Detonators with Stem Charges and Air Decks. *Blasting Analysis International*
- Chiappetta, F. R. (2014). Master Class Blasting, Drill & Blast Queensland. Queensland, Australia: Brisbane.

- C.J. Konya and E.J. Walter. 1990. *Surface Blast Design*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA
- Das, R. K., Dhekne, P. Y., & Murmu, S. (2023). Development of a Multiplication Factor for the Kuz-Ram Model to Match the Fragment Size Obtained from Wipfrag Image Analysis. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 2414–2425. <https://doi.org/10.18311/jmmf/2023/34116>
- Figueiredo, J., Torres, V., Cruz, R., & Moreira, D. (2023). Blasting Fragmentation Study Using 3D Image Analysis of a Hard Rock Mine. *Applied Sciences*, 13(12), 7090. <https://doi.org/10.3390/app13127090>
- Fredj, M. (2019). Effect of blasting design parameters on rock fragmentation using image analysis. *Mining Science*, 26, 61–72. <https://doi.org/10.5277/msc192606>
- Gao, P., Pan, C., Zong, Q., & Dong, C. (2023). Rock fragmentation size distribution control in blasting: A case study of blasting mining in Changjiu Shenshan limestone mine. *Frontiers in Materials*, 10, 1330354. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1330354>
- Gusman, M., Fauzi, F. S., Octova, A., Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang. (2022). Analysis of explosive energy distribution at Pit 7 West PT. Makmur Mandiri Utama Binungan Suaran—Berau, East Kalimantan Province. *Indonesian Mining Journal*, 25(2), 59–75. <https://doi.org/10.30556/imj.Vol25.No2.2022.1346>.
- Hudaverdi, T., Kuzu, C., & Fisne, A. (2012). Investigation of the blast fragmentation using the mean fragment size and fragmentation index. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 56, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.07.028>
- Hulwani, Z., Oziana, D. R., & Muchlis, M. (2024). ANALISIS SCATTER DAN POWDER FACTOR PADA PELEDAKAN DI TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM, TBK. *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, 4(1), 35–44. <https://doi.org/10.15408/jipl.v4i1.42412>
- Hustrulid, W. A. (1999). q Balkema Cunningham, C. V. B. (2005, September)
- Idowu, Kayode. A., Olaleye, Boluwaji. M., & Saliu, Muyideen. A. (2021). Analysis of blasted rocks fragmentation using digital image processing (Case study: Limestone quarry of Obajana Cement Company). *Mining of Mineral Deposits*, 15(4), 34–42. <https://doi.org/10.33271/mining15.04.034>
- Irawan, J., Irvani, I., & Oktarianty, H. (2020). Kajian Teknis Geometri Peledakan dan Powder Factor Terhadap Fragmentasi di PT Semen Padang Indarung. *MINERAL*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.33019/mineral.v5i1.3052>

- Jahed Armaghani, D., Hayati, M., Momeni, E., Dowlathshahi, M. B., & Asteris, P. G. (2025). Estimation of powder factor in mine blasting: Feasibility of tree-based predictive models. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 8(2), 138. <https://doi.org/10.1007/s41939-024-00725-8>
- Kahfi, M., Santoso, E., & Arief, M. Z. (2024). Analisis nilai powder factor untuk optimalisasi kegiatan peledakan di area pitutupan PT Saptaindra Sejati. *Jurnal Himasapta*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.20527/jhs.v9i1.12181>
- Kalyani Jeslyn Lim, Clement Nathanael, Felicia Angel Wijaya, Jeson Adhi Dharma, Thaddeus Kendrick Andrian, Wilsen Soetresno, & Rahmi Yulia Ningsih. (2023). Penggunaan Bahasa Pemrograman Python Untuk Memvisualisasikan Data Peluang Selamat Dari Kecelakaan Titanic. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, 2(2), 66–79. <https://doi.org/10.55606/jupti.v2i2.1735>
- Kecojevic, V., & Niu, X. (2020). Impact of burden–spacing ratio on blasting fragmentation in surface mining. *Mining Engineering Journal*.
- Koesoemadinata., R.P & Matasak. (1981). Stratigraphy and Sedimentation Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province). *Procc. Indon. Petrol Assoc.*
- Lapčević, V., Žikić, M., Jovanović, N., & Svrkota, I. (2023). Influence of blasting parameters on rock fragmentation in limestone quarry. *Mining and Metallurgy Engineering Bor*, 65(1), 21–32. <https://doi.org/10.5937/mmeb2301021L>
- Putera, W. T. W., Santoso, E., & Annisa, A. (2024). Pengaruh powder factor terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan *overburden* di PT Amanah Anugerah Adi Mulia. *Jurnal Himasapta*, 9(2), 83. <https://doi.org/10.20527/jhs.v9i2.13281>
- Prasetyo, S. (2023). Analisis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Batuan Yang Optimal di Pit 3 Timur Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. <http://ecampus.poltekkes medan.ac.id/jspui/handle/123456789/1726>
- Ramesh, D., Chandrahas, N. S., Venkatramayya, M. S., Naresh, M., Talari, P., Prasad, D. U. V. D., Kumar, K. S., & Kumar, V. V. (2023). Effects of Spacing-to-Burden Ratio and Joint Angle on Rock Fragmentation: An Unmanned Aerial Vehicle and AI Approach in Overburden Benches. *Acadlore Transactions on Geosciences*, 2(3), 155–166. <https://doi.org/10.56578/atg020303>
- Rian, R., Acnophya, Y., & Juventa, J. (2021). EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN *OVERBURDEN* TERHADAP DIGGING TIME ALAT

GALI PT ARTAMULIA TATAPRATAMA JOBSITE KUANSING INTI
MAKMUR KABUPATEN BUNGO, PROVINSI JAMBI. JURNAL
PERTAMBANGAN DAN LINGKUNGAN, 2(1), 31.
<https://doi.org/10.31764/jpl.v2i1.4683>

- Saadoun, A., Fredj, M., Boukarm, R., & Hadji, R. (2022). Fragmentation analysis using digital image processing and empirical model (KuzRam): A comparative study. *Journal of Mining Institute*, Online first. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.84>
- Sanchidrián, J. A., Segarra, P., Ouchterlony, F., & Gómez, S. (2022). The Influential Role of Powder Factor vs. Delay in Full-Scale Blasting: A Perspective Through the Fragment Size-Energy Fan. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 55(7), 4209–4236. <https://doi.org/10.1007/s00603-022-02856-1>
- Sazid, M., & Singh, T. N. (2015). Numerical assessment of spacing–burden ratio to effective utilization of explosive energy. *International Journal of Mining Science and Technology*, 25(2), 291–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2015.02.019>
- Scott, A. 1996. Open Pit Blast Design Analysis and Optimisation. JKMRC (Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre: Brisbane). The University of Queensland, AUS
- Shehu, S. A., Yusuf, K. O., & Hashim, M. H. M. (2022). Comparative study of WipFrag image analysis and Kuz-Ram empirical model in granite aggregate quarry and their application for blast fragmentation rating. *Geomechanics and Geoengineering*, 17(1), 197–205. <https://doi.org/10.1080/17486025.2020.1720830>
- Shehu, S. A., Yusuf, K. O., Zabidi, H., Jimoh, O. A., & Hashim, M. H. M. (2023). Blasting efficiency in granite aggregate quarry based on the combined effects of fragmentation and weighted environmental hazards. *Mining of Mineral Deposits*, 17(1), 120–128. <https://doi.org/10.33271/mining17.01.120>
- Singh, P. K., Raj, D., & Sinha, A. K. (2016). Blast fragmentation optimization using the Kuz-Ram model: A case study. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 8(3), 341–349. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2016.02.002>
- Soedarmo, D. 2008. Pengaruh Peledakan Terhadap Pit Wall dan Slope Design pada Tambang Terbuka. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*. Vol.17 : 23-31.
- Suwandi, Awang. 2012. Manual Book Kuzram. Blast Tech Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung

- Taiwo, A. K., Adigun, A. O., & Akande, J. M. (2022). Evaluation of blast-induced rock fragmentation using Kuz-Ram model in granite quarries. *Journal of Mining and Geology*, 58(1), 139–149. <https://doi.org/10.4314/jmg.v58i1.14>
- Tobin, G. (2013). The Importance of Energy Containment to the Blast Outcome & Justification for use of Stemming Plugs in Over *Burden* Removal. *Oresome Products*, 1 - 13.
- Utama, H. A. S. (2021). Peranan Drill & Blast Engineer di Tambang Terbuka Mineral Temu Profesi Tahunan (TPT) XXX dan Kongres XI Perhapi 2021. *Prosiding TPT XXX dan Kongres XI Perhapi*, 213 - 232.
- Viedyatha, R., Gusman, M., Yulhendra, D., Maiyudi, R., & Hadi, A. M. (2024). Analysis of the Effectiveness of the Mine Cycle Acceleration with Double Blasting Method at Kencana Underground Mine, PT Nusa Halmahera Minerals, Indonesia. In J. T. Sri Sumantyo & P. Razi (Eds.), *Advances in Geoscience and Remote Sensing Technology* (pp. 355–374). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5746-6_26
- WipWare Inc. (2013). *Sampling and Analysis Guide* (Version 1). WipWare Inc.
- Yulhendra, D. (2023). *EVALUASI TEKNIS GEOMETRI PELEDAKAN TERHADAP FRAGMENTASI BATUAN ANDESIT PT KOTO ALAM SEJAHTERA* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).