

**EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN PADA KEGIATAN
PENGUPASAN *OVERBURDEN* DI PT BUKIT ASAM TBK**

LAPORAN TUGAS AKHIR



**TIRTA ALUNA GEMILANG .R
2023310053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

**EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN PADA KEGIATAN
PENGUPASAN *OVERBURDEN* DI PT BUKIT ASAM TBK**

**Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya
Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih**



**TIRTA ALUNA GEMILANG .R
2023310053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN PADA KEGIATAN PENGUPASAN OVERBURDEN DI PT BUKIT ASAM Tbk.

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih

Oleh:

TIRTA ALUNA GEMILANG .R

2023310053

Prabumulih, 15 Juli 2026

Pembimbing I



Ahmad Husni, S.T., M.T.
NUPTK. 6338747650200003

Pembimbing II



Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yavanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Geometri Peledakan Pada Kegiatan Pengupasan Overburden di PT Bukit Asam Tbk" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih pada tanggal 15 Juli 2026.

Prabumulih, 15 Juli 2026

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua:

Ahmad Husni, S.T., M.T.
NUPTK. 6338747650200003



Anggota:

1. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002



2. Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283



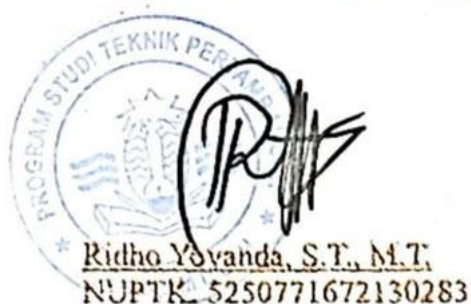
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T.
NUPTK. 9944755656130172

Program Studi Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

PENYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Tirta Aluna Gemilang .R

NIM : 2023310053

Program Studi : Teknik Pertambangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa, tugas akhir ini benar-benar merupakan hasil karya saya dan tidak terdapat karya orang lain, apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku atas perbuatan tersebut.



Prabumulih, 15 Juli 2026



Tirta Aluna Gemilang .R

2023310053

ABSTRAK

Evaluasi Geometri Peledakan Pada Kegiatan Pengupasan Overburden di PT Bukit Asam Tbk

Tirta Aluna Gemilang Ramadhan, 2023310053, 2026

Kegiatan peledakan pada pengupasan overburden merupakan salah satu tahapan penting dalam operasi penambangan terbuka karena berpengaruh terhadap ukuran fragmentasi batuan yang dihasilkan. Fragmentasi yang optimal dapat meningkatkan efisiensi proses penggalian, pemuatan, dan pengangkutan material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi aktual geometri peledakan yang diterapkan di PT Bukit Asam Tbk Pit 3 Banko Barat serta mengevaluasi pengaruh parameter geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi batuan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan, pengukuran geometri peledakan, dokumentasi hasil peledakan, serta analisis fragmentasi menggunakan perangkat lunak *Split Desktop 4.0*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa geometri aktual yang diterapkan memiliki *burden* 8,5 m, *spacing* 9,5 m, *stemming* rata-rata 4,69 m, dan *powder factor* rata-rata sebesar 0,140 kg/BCM. Nilai fragmentasi rata-rata yang diperoleh sebesar F80 sebesar 46,57 cm. Analisis hubungan *powder factor* terhadap fragmentasi menunjukkan pengaruh yang relatif kecil karena nilai *powder factor* cenderung konstan. Sebaliknya, geometri peledakan memberikan pengaruh yang lebih dominan terhadap hasil fragmentasi. Perbandingan dengan geometri teoritis metode C.J. Konya menghasilkan *burden* 6,65 m, *spacing* 9,31 m, *stemming* 4,66 m, *subdrilling* 1,99 m, dan panjang kolom isian 5,33 m yang dinilai lebih optimal dalam mendistribusikan energi peledakan. Oleh karena itu, geometri peledakan aktual perlu dioptimalkan agar menghasilkan fragmentasi yang lebih halus dan seragam sehingga dapat meningkatkan efektivitas kegiatan pengupasan overburden.

Kata Kunci: Geometri peledakan, Fragmentasi, Overburden, Powder Factor, C.J. Konya.

ABSTRACT

Evaluation of Blasting Geometry in Overburden Removal Activities at PT Bukit Asam Tbk

Tirta Aluna Gemilang Ramadhan, 2023310053, 2026

Blasting activities in overburden removal are an important stage in open-pit mining operations because they significantly influence the size distribution of rock fragmentation. Optimal fragmentation can improve the efficiency of digging, loading, and hauling processes. This study aimed to analyze the actual blasting geometry applied at PT Bukit Asam Tbk, Pit 3 Banko Barat, and to evaluate the effect of blasting geometry parameters on rock fragmentation results. The research employed a quantitative descriptive method through field observations, blasting geometry measurements, blast result documentation, and fragmentation analysis using Split Desktop software. The results showed that the actual blasting geometry consisted of a burden of 8.5 m, spacing of 9.5 m, an average stemming of 4.69 m, and an average powder factor of 0.140 kg/BCM. The average fragmentation size obtained was an F80 value of 46.57 cm. Analysis of the relationship between powder factor and fragmentation indicated a relatively small effect because the powder factor values were nearly constant. In contrast, blasting geometry had a more dominant influence on fragmentation results. A comparison with the theoretical blasting geometry based on the C.J. Konya method resulted in a burden of 6.65 m, spacing of 9.31 m, stemming of 4.66 m, subdrilling of 1.99 m, and a powder column length of 5.33 m, which were considered more effective in distributing blasting energy. Therefore, optimization of the existing blasting geometry is required to produce finer and more uniform fragmentation, thereby improving the effectiveness of overburden removal operations.

Keywords: Blasting Geometry, Fragmentation, Overburden, Powder Factor, C.J. Konya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ Evaluasi Geometri Peledakan Pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* di PT Bukit Asam Tbk”

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku Rektor Universitas Prabumulih
2. Bapak Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan dan selaku Penguji Sidang Akhir
4. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T. sebagai Pembimbing I.
5. Bapak Suhardiman Gumanti, S.T., M.T. sebagai Pembimbing II.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
7. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Kepala Teknik Tambang, Pimpinan, dan seluruh Staf PT Bukit Asam Tbk yang telah memberikan izin dan membantu untuk melakukan penelitian.
9. Kepada keempat orang tua serta keluarga saya yang selalu memberikan semangat dan doa.
10. Kepada saya sendiri yang selalu tetap kuat dan tetap hidup untuk semuanya.
11. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2023 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan yang belum Penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun Penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata Penulis

berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi Penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 15 Juli 2026

Tirta Aluna Gemilang .R
2023310053



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL DALAM	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PENYATAAN INTEGRITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	4
2.1.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian	4
2.1.2 Kondisi Geologi dan Stratigrafi	5
1. Kondisi Geologi Regional	5
2. Kondisi Stratigrafi	7
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Pengeboran	10
1. Pola sejajar (<i>paralel pattern</i>)	10
2. Pola zigzag (<i>staggered pattern</i>)	10
2.2.2 Peledakan	11
1. Faktor yang tidak dapat dikendalikan	12
2. Faktor yang dapat dikendalikan	12
2.2.3 Geometri Peledakan	13

	Halaman
2.2.4 Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan	16
2.2.5 Bahan Peledak.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Tahapan Penelitian	19
3.3 Bagan Alir Penelitian	21
3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data	22
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data	22
3.4.2 Pengolahan Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Analisis Kondisi Aktual Geometri Peledakan.....	25
4.1.1 Geometri Peledakan Aktual	25
4.1.2 Hasil Fragmentasi Lapangan	26
4.1.3 Perhitungan <i>Powder Factor</i> Aktual	28
4.1.4 Perbandingan Geometri Aktual dan Geometri Teoretis.	29
1. Perhitungan geometri C.J.Konya.....	29
2. Analisis rasio geometri terhadap fragmentasi	33
3. Pengaruh terhadap fragmentasi <i>overburden</i>	34
4.2 Evaluasi Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi.....	34
4.2.1 Pengaruh <i>Powder Factor</i> Terhadap Fragmentasi	34
4.2.1 Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi	36
BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Kegiatan Penelitian	19
Tabel 4.1 Data Geometri Aktual di Lapangan.....	25
Tabel 4.2 Fragmentasi Aktual	27
Tabel 4.3 <i>Powder Factor</i> Aktual	29
Tabel 4.4 Geometri Usulan C.J. Konya.....	31
Tabel 4.5 Perbandingan Geometri usulan C.J. Konya	31
Tabel 4.6 Pengaruh <i>Powder Factor</i> terhadap F80	35



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Lokasi Kesampaian Daerah PT Bukit Asam Tbk.....	4
Gambar 2.2 Peta IUP PT. Bukit Asam Tbk.....	5
Gambar 2.3 Pembagian Sub-Cekungan Sumatera Selatan	6
Gambar 2.4 Peta Geologi Regional.....	7
Gambar 2.5 Kolom Stratigrafi Banko Barat Pit 3	8
Gambar 2.6 Sketsa Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka	10
Gambar 2.7 Hasil Pengolahan <i>Split Desktop 4.0</i>	17
Gambar 2.8 Simbol Geometri Peledakan.....	18
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Distribusi Aktual Fragmentasi.....	26
Gambar 4.2 Hasil <i>Split Desktop 4.0</i> Fragmentasi	27
Gambar 4.3 Perbandingan Geometri Aktual dan Usulan C.J. Konya	32
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh PF terhadap Distribusi Fragmentasi.....	35



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Dokumentasi Penelitian Di Lapangan.....	42
Lampiran B <i>Blast Design</i>	47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada kegiatan penambangan terbuka, khususnya dalam pengupasan lapisan penutup (*overburden*), material batuan harus terlebih dahulu diberai agar memudahkan proses pemuatan dan pengangkutan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pengeboran dan peledakan (*drilling and blasting*). Kegiatan ini meliputi beberapa tahapan, yaitu penentuan lokasi, persiapan area, pembuatan titik bor, proses pengeboran, pengisian bahan peledak (*charging*), perangkaian, pelaksanaan peledakan, hingga evaluasi hasil peledakan (Baskara & Adnyano, 2020).

Dalam kegiatan peledakan, terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk menilai keberhasilan, salah satunya adalah fragmentasi. Ukuran fragmen yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap proses penggalian material *overburden* hasil peledakan serta kinerja alat gali-muat. Oleh karena itu, diperlukan perancangan geometri peledakan yang optimal untuk mengevaluasi kesesuaian geometri yang digunakan dengan hasil fragmentasi yang dihasilkan (Frianto *et al.*, 2017).

Fragmentasi batuan yang dihasilkan dari peledakan menjadi faktor penting karena berkaitan langsung dengan efisiensi kegiatan penggalian dan pengangkutan material, serta waktu siklus (*cycle time*) alat gali-muat. Fragmentasi yang optimal akan mempercepat proses penggalian dan meningkatkan produktivitas alat (Vincent *et al.*, 2025).

PT Bukit Asam Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang batubara yang menerapkan metode peledakan dalam kegiatan pembongkaran material *overburden*. Proses peledakan ini bertujuan untuk memberaikan massa batuan sehingga mempermudah kegiatan penggalian. Material hasil peledakan yang telah terfragmentasi menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan peledakan, karena ukuran dan distribusi fragmentasi tersebut akan sangat mempengaruhi efisiensi serta kinerja pada tahapan kegiatan penambangan selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi aktual geometri peledakan yang diterapkan di area penambangan PT Bukit Asam Tbk dibandingkan dengan standar atau teori yang digunakan?
2. Bagaimana pengaruh parameter geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi serta tingkat kesesuaiannya dalam upaya mengoptimalkan fragmentasi di area operasi PT Bukit Asam Tbk?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis kondisi aktual geometri peledakan yang diterapkan di area penambangan PT Bukit Asam Tbk dengan membandingkannya terhadap standar atau teori yang digunakan.
2. Mengevaluasi pengaruh parameter geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi serta tingkat kesesuaiannya dalam mengoptimalkan fragmentasi di area operasi PT Bukit Asam Tbk.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Teoretis

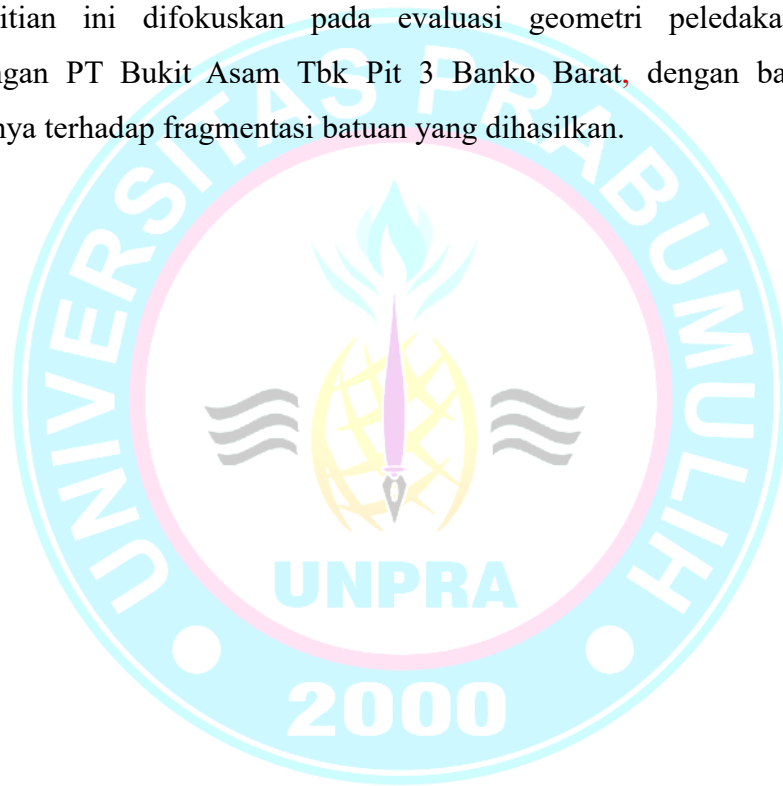
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada kajian pengeboran dan peledakan, khususnya terkait evaluasi geometri peledakan pada kegiatan pengupasan *overburden* di PT. Bukit Asam Tbk. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan yang dihasilkan serta sebagai referensi untuk optimasi guna meningkatkan produktivitas alat gali-muat. Selain itu, penelitian ini dapat dijadikan referensi ilmiah bagi penelitian selanjutnya yang membahas evaluasi dan optimasi desain peledakan guna memperoleh hasil fragmentasi yang optimal.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan sebagai bahan evaluasi geometri peledakan pada kegiatan pengupasan *overburden* di PT Bukit Asam Tbk. Hasilnya dapat digunakan sebagai dasar perbaikan desain peledakan guna menghasilkan fragmentasi yang optimal, sehingga mendukung peningkatan efektivitas dan produktivitas operasi penambangan tanpa mengganggu target produksi.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi geometri peledakan di area penambangan PT Bukit Asam Tbk Pit 3 Banko Barat, dengan batasan pada pengaruhnya terhadap fragmentasi batuan yang dihasilkan.



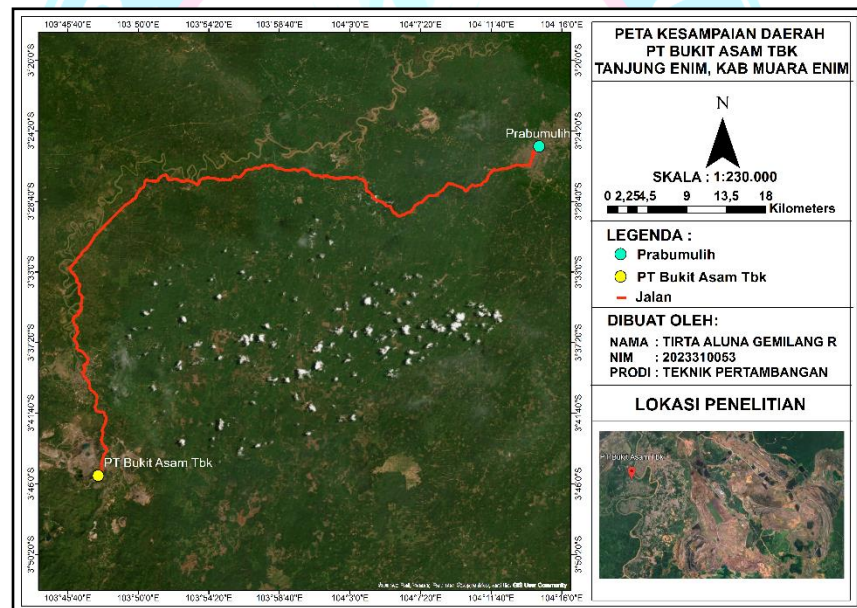
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

2.1.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di area tambang PT Bukit Asam Tbk yang terletak di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Wilayah ini merupakan salah satu pusat produksi batubara utama di Indonesia yang menerapkan metode penambangan terbuka (*open pit mining*). Secara geologi, daerah penelitian tersusun oleh Formasi Muara Enim yang didominasi oleh batuan sedimen serta lapisan batubara ekonomis. Formasi ini menjadi target utama kegiatan penambangan karena memiliki cadangan batu bara yang cukup besar dan berkualitas, lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.

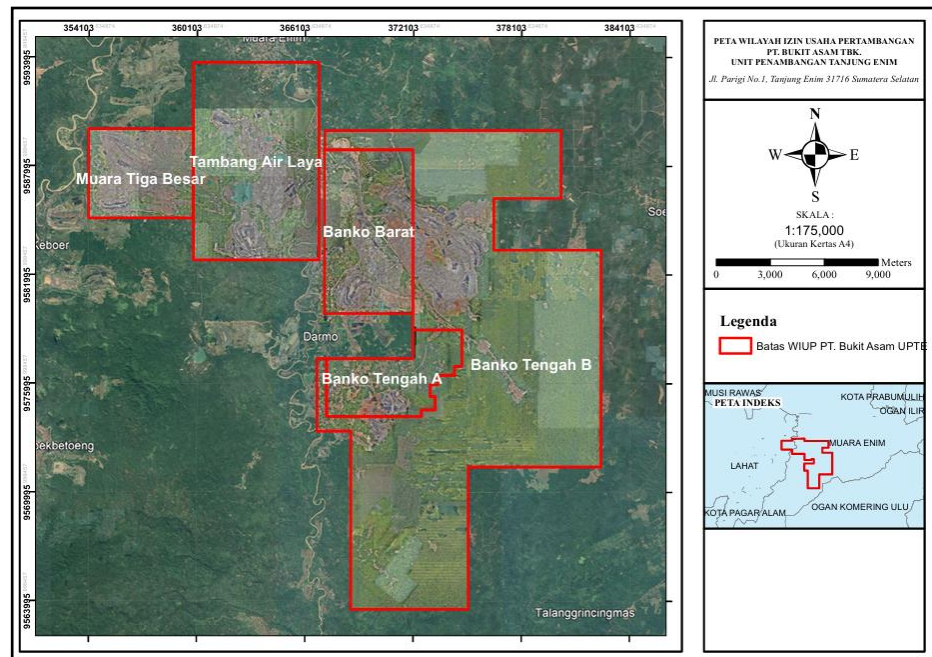


Sumber: Penulis, 2026

Gambar 2.1 Peta Lokasi Kesempaian Daerah PT Bukit Asam Tbk

Penelitian yang berada di wilayah operasional PT Bukit Asam Tbk (PTBA) di Kelurahan Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan. Lokasi ini berjarak dari Universitas Prabumulih dengan waktu tempuh kurang lebih 3 jam perjalanan darat.

Sebagaimana ditunjukkan pada peta kesampaian daerah penelitian serta kemudahan transportasi menuju lokasi kegiatan penambangan.



Sumber: PT Bukit Asam Tbk, 2026

Gambar 2.2 Peta IUP PT. Bukit Asam Tbk

Area tambang PT Bukit Asam Tbk terbagi ke dalam beberapa wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP), antara lain Banko Barat, Banko Tengah Blok A (BTA), Banko Tengah Blok B (BTB), Tambang Air Laya (TAL), dan Muara Tiga Besar (MTB).

2.1.2 Kondisi Geologi dan Stratigrafi

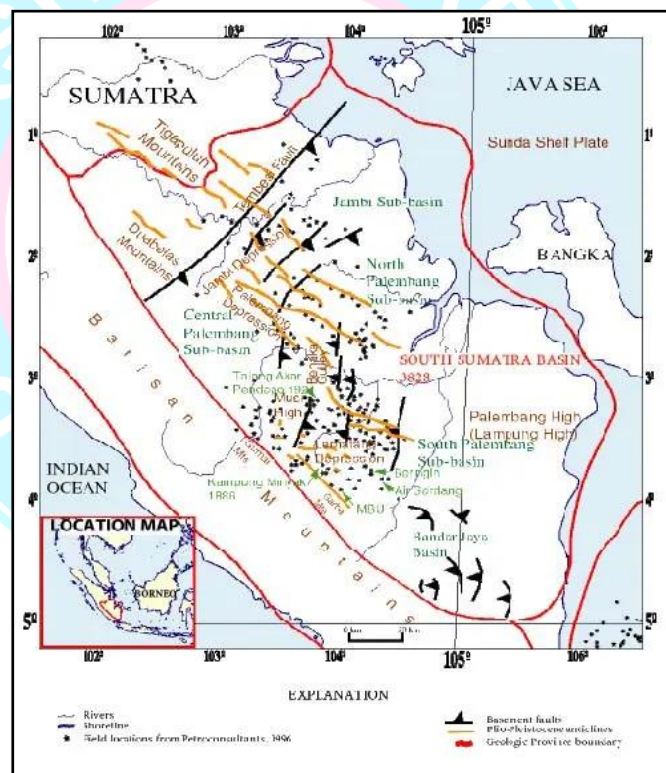
Kondisi geologi dan stratigrafi daerah penelitian meliputi:

1. Kondisi Geologi Regional

Lapisan batubara pada wilayah IUP Tanjung Enim milik PT Bukit Asam Tbk terletak di bagian barat Cekungan Sumatera Selatan. Di area ini berkembang beberapa *seam* batubara yang terbagi menjadi, Keladi *seam* E, Merapi *seam* D, Petai *seam* C, Suban *seam* B1 dan B2, dan Mangus *seam* A1 dan A2. Secara awal, batubara tersebut terbentuk dalam kondisi relatif datar hingga sedikit miring sesuai lingkungan pengendapannya. Namun, material penutup dan antar lapisan (*overburden/interburden*) mengalami deformasi yang sama akibat aktivitas geologi, seperti lipatan dan patahan, sehingga

menyebabkan perubahan kemiringan lapisan menjadi cukup signifikan.

Dari sudut pandang tektonik, Cekungan Sumatera Selatan merupakan bagian dari sistem cekungan di Indonesia yang dipengaruhi oleh rotasi berlawanan arah jarum jam. Struktur geologi Pulau Sumatera sangat dikontrol oleh keberadaan Sesar Semangko, yang terbentuk akibat interaksi antara Lempeng Samudera Hindia dan Daratan Sumatera. Tumbukan ini memicu pergerakan mendatar ke kanan serta menghasilkan pola lipatan dominan berarah barat laut–tenggara. Selain itu, struktur geologi yang telah terbentuk sejak zaman pra-Tersier mengalami penguatan kembali akibat aktivitas tektonik tersebut.



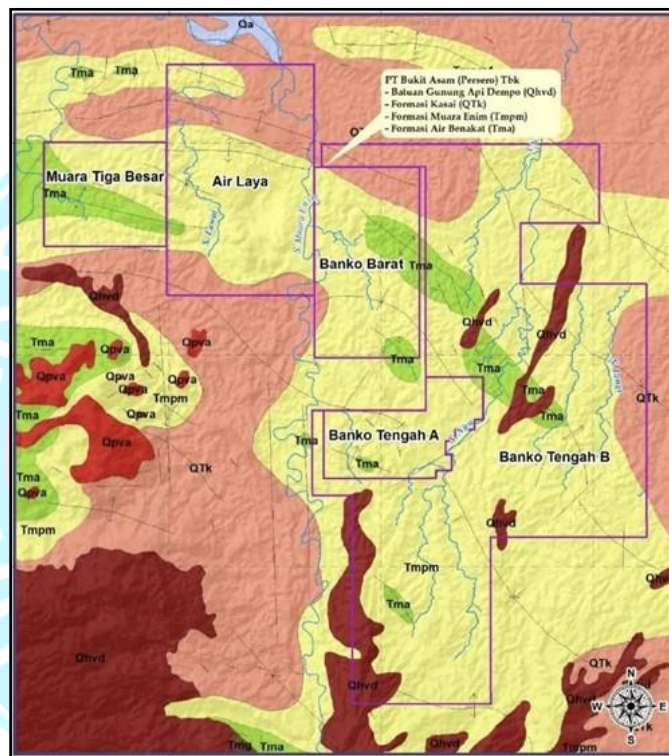
Sumber: PT Bukit Asam Tbk, 2026

Gambar 2.3 Pembagian Sub-Cekungan Sumatera Selatan

Secara geologi lokal, wilayah kerja PT Bukit Asam Tbk berada dalam Sub-Cekungan Palembang yang termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada zaman Tersier. Susunan batuan

di sub-cekungan ini berkembang selama era Kenozoikum dan dikelompokkan menjadi dua satuan utama, yaitu Kelompok Telisa dan Kelompok Palembang.

Kelompok Telisa tersusun atas beberapa formasi, meliputi Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai. Sementara itu, Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, serta Formasi Kasai yang menjadi bagian penting dalam urutan stratigrafinya.

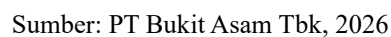


Sumber: PT Bukit asam Tbk 2026

Gambar 2.4 Peta Geologi Regional

2. Kondisi Stratigrafi

Stratigrafi pada area Banko Barat Pit 3 milik PT Bukit Asam Tbk merupakan aspek penting dalam memahami kondisi geologi serta potensi sumber daya tambang di lokasi tersebut. Melalui kajian stratigrafi, dapat diketahui urutan lapisan batuan penyusun serta keberadaan *seam* batu bara secara lebih rinci. Gambar penampang litologi yang ditampilkan memperlihatkan distribusi lapisan,



Berdasarkan penampang litologi Pit 3 Banko Barat di PT Bukit Asam Tbk, daerah penelitian tersusun oleh batuan sedimen berlapis yang berkembang pada lingkungan perbukitan dan lembah.

Lapisan paling atas berupa endapan aluvial (*gravel*, pasir, lanau, dan lempung) hasil sedimentasi sungai tua. Di bawahnya terdapat interval A1 yang didominasi batu pasir dengan sisipan batu lempung serta *seam* batu bara A1 ($\pm 6,5\text{--}9$ m), termasuk adanya lapisan batu bara gantung ($0,3\text{--}3$ m).

Selanjutnya, *seam* A2 ($\pm 7,5\text{--}11,5$ m), B1 ($\pm 9,1\text{--}14,1$ m), B2 ($\pm 4,35\text{--}5,55$ m), dan C (± 11 m) tersusun oleh batu bara dengan *parting* batu lempung, batu lanau, dan material karbonan. Pada bagian paling bawah dijumpai batu pasir sebagai batuan dasar.

Secara genetik, batu bara terbentuk pada lingkungan rawa (*swamp*) dalam sistem fluvial–delta, ditandai oleh adanya variasi litologi dan lapisan pengotor akibat perubahan kondisi pengendapan. Variasi ini mempengaruhi sifat massa batuan, terutama pada *overburden*, yang berpengaruh langsung terhadap respon peledakan dan hasil fragmentasi.

2.2 Landasan Teori

Metode pengeboran dan peledakan merupakan teknik utama yang banyak diterapkan di berbagai belahan dunia. Hingga saat ini, proses produksi serta penghancuran batuan masih sangat mengandalkan metode tersebut. Pelaksanaannya diawali dengan pengeboran lubang secara terencana, kemudian mengisi lubang tersebut dengan bahan peledak sebelum akhirnya diledakkan untuk memecahkan batuan. Meskipun efektif dan umum digunakan, metode ini tetap memiliki sejumlah keterbatasan, termasuk potensi dampak lingkungan dan risiko terhadap keselamatan. (Brantson *et al.*, 2024).

Dalam proses peledakan, terdapat beberapa indikator yang digunakan untuk menilai keberhasilannya, salah satunya adalah fragmentasi. Ukuran fragmen yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap proses penggalian *overburden* hasil peledakan, yang pada akhirnya memengaruhi kinerja alat gali muat. Oleh karena itu, diperlukan rancangan geometri peledakan yang optimal guna mengevaluasi kesesuaian geometri yang digunakan serta kualitas fragmentasi yang dihasilkan. (Nugraha *et al.*, 2021).

2.2.1 Pengeboran

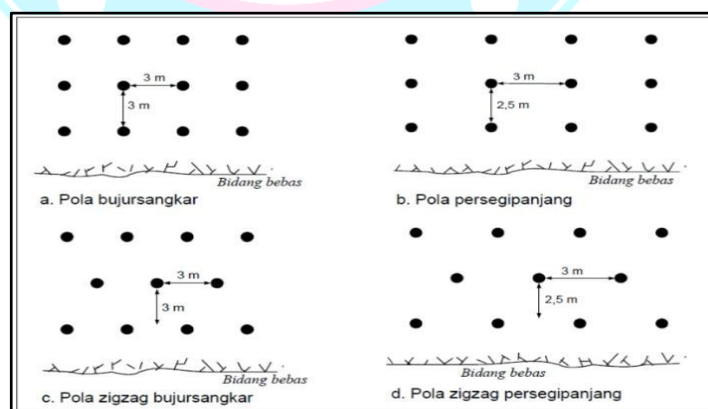
Dalam penambangan pada endapan bahan galian yang memiliki sifat keras dan kompak, proses pemberaiannya umumnya dilakukan melalui kegiatan pemboran dan peledakan. Berikut merupakan dua jenis pola pemboran:

1. Pola sejajar (*parallel pattern*).

Pola pemboran ini memiliki beberapa variasi, seperti *square pattern*, *rectangular drill pattern*, dan *staggered pattern*. Pada *square pattern*, jarak antara *burden* dan *spacing* dibuat sama, sedangkan pada *rectangular pattern* jarak *spacing* dalam satu baris lebih besar dibandingkan jarak *burden* (Azzahra, 2023).

2. Pola zigzag (*staggered pattern*).

Pola pemboran ini menempatkan lubang ledak pada baris berikutnya tepat di tengah-tengah jarak (*spacing*) dari baris sebelumnya. Pola ini dapat diterapkan dengan jarak *burden* yang sama dengan jarak *spacing*. Dalam praktiknya, pola pemboran paralel lebih sering digunakan karena lebih mudah diterapkan, meskipun menghasilkan ukuran fragmentasi yang kurang seragam. Sementara itu, pola *staggered* lebih sulit diterapkan di lapangan namun mampu memberikan ukuran fragmentasi hasil peledakan yang lebih seragam (Azzahra, 2023).



Sumber: 123doks.com

Gambar 2.6 Sketsa Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka

2.2.2 Peledakan

Kegiatan peledakan adalah proses memecahkan batuan dari batuan induknya dengan menggunakan bahan peledak. Tujuan utama peledakan adalah mengecilkan ukuran batuan menjadi fragmen-fragmen yang sesuai dengan standar fragmentasi yang ditetapkan. Ukuran fragmentasi ini penting agar material dapat diangkut dengan efisien menggunakan alat angkut yang tersedia. Dalam merencanakan atau mendesain geometri peledakan, beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain lokasi yang akan diledakkan serta jumlah material yang akan diberaiakan. Peledakan dianggap berhasil apabila ukuran pecahan batuan sesuai dengan target yang ditentukan. Keberhasilan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti desain geometri peledakan, pola pemboran yang digunakan, serta karakteristik fisik dari bahan peledak itu sendiri (Haisoo & Jusfarida, 2024).

Pekerjaan peledakan adalah pekerjaan yang penuh bahaya. Oleh karena itu, harus dilakukan dengan penuh perhitungan dan hati hati agar tidak terjadi kegagalan atau bahkan kecelakaan. Untuk itu operator yang melakukan pekerjaan peledakan harus mengerti benar tentang cara kerja, sifat dan fungsi dari peralatan yang digunakan. Karena persiapan peledakan yang kurang baik akan bisa menyebabkan hasil yang tidak sempurna serta mengandung resiko bahaya terhadap keselamatan pekerja maupun peralatan. Dalam hal ini pemilihan metode peledakan, pemilihan serta penggunaan peralatan dan perlengkapan juga berpengaruh terhadap hasil yang dicapai.

Pada prinsipnya, pecahnya batuan akibat energi peledakan dapat dibagi dalam 3 tahap, yaitu : *dynamic loading*, *quasi-static loading*, dan *release of loading*.

1. Proses pemecahan batuan tingkat I (*dynamic loading*). Pada saat bahan peledak diledakkan di dalam lubang ledak, maka terbentuk temperatur dan tekanan yang tinggi. Hal ini mengakibatkan hancurnya batuan disekitar lubang ledak serta timbulnya gelombang kejut (*shock wave*) yang merambat menjauhi lubang ledak dengan kecepatan antara 3000 – 5000 m/detik, sehingga menimbulkan tegangan tangensial yang mengakibatkan adanya rekahan menjari mengarah keluar di sekitar lubang ledak (Sundari, 2019).

2. Proses pemecahan batuan tingkat II (*quasi-static loading*). Tekanan yang meninggalkan lubang ledak pada proses pemecahan tingkat II adalah positif. Apabila *shock wave* mencapai bidang bebas (*free face*) akan dipantulkan kemudian berubah menjadi negatif sehingga menimbulkan gelombang tarik (*tensile wave*). Karena gelombang tarik ini lebih besar dari kekuatan tarik batuan, maka batuan akan pecah dan terlepas dari batuan induknya (*spalling*) yang dimulai dari tepi bidang bebasnya (Sundari, 2019).
3. Proses pemecahan batuan tingkat III (*release of loading*). Karena pengaruh tekanan dan temperatur gas yang tinggi maka retakan menjari yang terjadi pada proses awal akan meluas secara cepat yang diakibatkan oleh kekuatan gelombang tarik dan retakan menjari. Massa batuan yang ada di depan lubang ledak akan terdorong oleh terlepasnya kekuatan gelombang tekan yang tinggi dari dalam lubang ledak, sehingga pemecahan batuan yang sebenarnya akan terjadi. Umumnya batuan akan pecah secara alamiah mengikuti bidang-bidang yang lemah, seperti kekar dan bidang perlapisan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam merancang peledakan (Sundari, 2019).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kegiatan peledakan dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu peubah yang dapat dikendalikan (*controllable variable*) dan tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable variable*) (Mboyo *et al.*, 2024).

1. Faktor yang tidak dapat dikendalikan

Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara alamiah. Yang termasuk faktor faktor ini adalah : geologi, struktur diskontinuitas, sifat dan kekuatan batuan, pengaruh air tanah, kondisi cuaca

2. Faktor yang dapat dikendalikan

Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah :

bahan peledak, kemiringan lubang ledak, pola pemboran, geometri bahan peledak

2.2.3 Geometri Peledakan

Geometri peledakan adalah parameter yang digunakan untuk menentukan pola peledakan pada suatu kegiatan peledakan (*blasting*). Dalam operasi peledakan ada tujuh standar dasar geometri peledakan yaitu : *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian dan tinggi jenjang. Geometri peledakan sangat berpengaruh dalam mengontrol hasil peledakan, karena jika geometri peledakannya baik akan menghasilkan fragmentasi batuan yang sesuai dengan ukuran alat peremuk, tanpa terdapat adanya bongkah, kondisi jenjang yang lebih stabil, serta keamanan alat-alat mekanis dan keselamatan para pekerja yang bekerja lebih terjamin (Mboyoy *et al.*, 2024).

Dalam perhitungan geometri peledakan, metode yang dikemukakan oleh C.J. Konya 1991 tidak hanya mempertimbangkan faktor bahan peledak, sifat batuan, dan diameter lubang ledak, tetapi juga memperhatikan faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan, kondisi struktur geologi, serta jumlah lubang ledak yang diledakkan. Menurut Konya 1990, faktor koreksi yang paling penting dalam perancangan geometri peledakan adalah penentuan besarnya nilai *burden*, karena parameter ini sangat berpengaruh terhadap hasil fragmentasi, arah lontaran material, serta tingkat keselamatan peledakan (Octova & Yulhendra, 2022) .

Cara yang diterapkan untuk menentukan geometri peledakan dengan metode yang dikemukakan CJ Konya adalah sebagai berikut :

1. *Burden* (B)

Burden merupakan jarak tegak lurus terpendek antara lubang ledak yang diisi bahan peledak dengan bidang bebas atau kearah mana batuan hasil peledakan akan terlempar. Untuk mencari nilai *Burden* digunakan rumus berikut:

$$B = 3,15 \times De \times \sqrt[3]{\frac{SGe}{SGr}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

B = *Burden* (m)

D_e = diameter lubang ledak (inch)

SG_e = berat jenis bahan peledak yang dipakai

SG_r = berat jenis batuan yang akan dibongkar

2. *Spacing* (S)

Nilai *Spacing* ditentukan dari sistem peledakan yang menggunakan serentak (*instantaneous*) atau beruntun (*delay*). Jika ledakan serentak dalam satu baris lubang ledak (*instantaneous/row by row*):

a. Serentak tiap baris lubang ledak

$$S = 2 \times B \dots\dots\dots (2.2)$$

b. Jika ledakan beruntun dalam tiap baris lubang ledak (*delay*):

$$S = 1.4 \times B \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

S = *Spacing* (m)

B = *Burden* (m)

3. *Stemming* (T)

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor, yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak. Fungsi *stemming* adalah agar terjadi keseimbangan tekanan dalam lubang ledak dan mengurung gas – gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal.

Stemming yang cukup panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledak tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar *stemming* tersebut. Sedangkan *stemming* yang terlalu pendek dapat mengakibatkan timbulnya batuan terbang (*flying rock*) dan pecahnya batuan akan menjadi kecil.

Untuk penentuan tinggi *stemming* digunakan rumus seperti di bawah ini:

$$T = 0.7 \times B \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

T = *Stemming* (m)

B = *burden* (m)

4. *Subdrilling* (J)

Subdrilling merupakan bagian dari panjang lubang ledak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang. *Subdrilling* diperlukan agar batuan dapat meledak secara keseluruhan dan terbongkar tepat pada batas lantai jenjang, sehingga tonjolan – tonjolan pada lantai jenjang dapat dihindari. Rumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$J = K_j \times B \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

K_j = *subdrilling rasio* (untuk batuan masif biasanya 0,3)

J = *subdrilling* (m)

B = *burden* (m)

5. Kedalaman lubang (H)

Penentuan kedalaman lubang bahan peledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat gali-muat) dan pertimbangan geoteknik. Pada prinsipnya, kedalaman lubang peledakan merupakan jumlah keseluruhan antara tinggi jenjang dan besarnya *subdrilling*, yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = L + J \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

L = tinggi jenjang (m)

J = *Subdrilling* (m)

6. *Powder factor* (PF)

Powder factor adalah jumlah bahan peledak yang digunakan untuk meledakkan satu bcm (*bank cubic meter*) material batuan. yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$PF = \frac{E}{W} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

PF = *Powder Factor* (kg/m³)

W = Volume material diledakkan (m³)

E = Berat bahan peledak (kg)

2.2.4 Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau *boulder* diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) di tepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (*excavator*) yang akan memuatnya ke dalam truk dan oleh ukuran gap bukaan *crusher* (Kurniawati *et al.*, 2025).

Beberapa ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak:

1. 1Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi, oleh sebab itu harus dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat
2. Perlu diperhatikan bahwa dengan menambah bahan peledak akan menghasilkan lemparan yang jauh
3. Pada batuan dengan intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit dikombinasikan dengan jarak spasi pendek akan menghasilkan fragmentasi kecil. Penyimpangan dari ketentuan umum tentang ukuran fragmentasi di atas dapat terjadi karena perbedaan yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak. Untuk itu, sekali lagi, percobaan pengeboran dan peledakan harus dilakukan untuk mendapat hasil yang optimum.

Dalam analisis fragmentasi hasil peledakan, pendekatan yang digunakan adalah dengan bantuan perangkat lunak *Split Desktop 4.0*. Metode ini memanfaatkan dokumentasi visual berupa foto hasil peledakan untuk menganalisis distribusi ukuran fragmentasi batuan secara aktual. Oleh karena itu, pada bagian ini akan difokuskan pada perhitungan fragmentasi menggunakan *Software Split Desktop 4.0*.

Penggunaan aplikasi ini bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran material yang lolos maupun yang tertahan pada ayakan dengan ukuran tertentu.

Split Desktop 4.0 merupakan perangkat lunak pengolahan citra yang dikembangkan oleh Universitas Arizona, Amerika Serikat, dan dirancang untuk mempermudah evaluasi fragmentasi material hasil peledakan. *Output* yang dihasilkan dari aplikasi ini berupa grafik distribusi ukuran partikel, persentase material yang lolos, serta informasi mengenai ukuran rata-rata fragmen batuan hasil peledakan.

Pada kegiatan pengupasan *overburden* di PT Bukit Asam Tbk, kualitas fragmentasi hasil peledakan dievaluasi berdasarkan standar perusahaan. Fragmentasi yang dihasilkan diharapkan memenuhi target ukuran yang telah ditetapkan agar proses penggalian dan pemuatan dapat berlangsung secara efektif dan efisien. Dalam penelitian ini, hasil analisis fragmentasi yang diperoleh dari *Split Desktop* akan dibandingkan dengan standar fragmentasi PT Bukit Asam Tbk yaitu nilai $F_{80} \leq 50$ cm, sehingga dapat diketahui tingkat keberhasilan geometri peledakan yang diterapkan terhadap pencapaian target fragmentasi perusahaan.



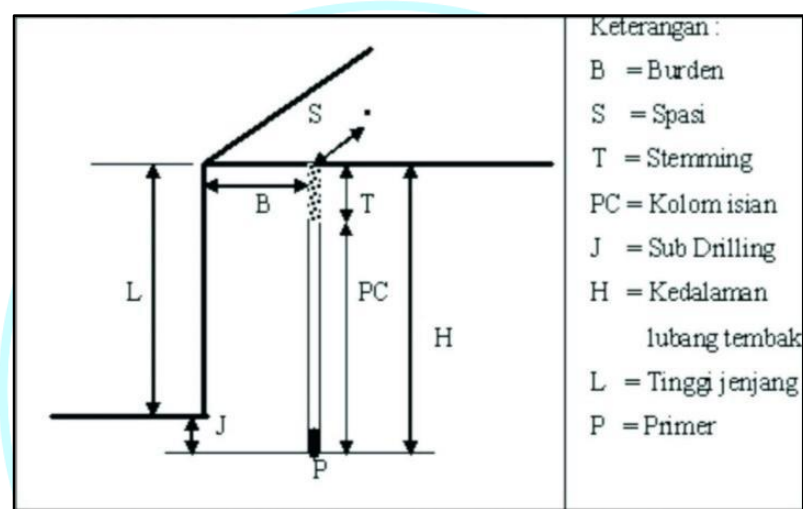
Sumber: Penulis, 2026

Gambar 2.7 Hasil Pengolahan *Split Desktop 4.0*

2.2.5 Bahan Peledak

Densitas pengisian (*loading density*), yaitu jumlah bahan peledak setiap meter kedalaman kolom lubang ledak. Densitas pengisian digunakan untuk menghitung jumlah bahan peledak yang diperlukan setiap kali peledakan. Disamping itu, perhatikan pula kolom lobang ledak (L), yang terbagi menjadi “penyumbat” atau *stemming* (T) dan “isian utama” (PC).

Model prediksi jarak *flyrock* yang dikembangkan oleh Ebrahim Ghasemi 2012 dimanfaatkan sebagai dasar analisis untuk memahami sejauh mana *powder factor* memengaruhi perilaku lontaran batuan. Melalui penggunaan model ini, peneliti dapat menilai hubungan antara jumlah bahan peledak per satuan volume batuan dengan jarak aman *flyrock* aktual yang tercipta selama proses peledakan. Dengan demikian, model tersebut berperan penting dalam mengevaluasi potensi risiko dan menentukan apakah konfigurasi peledakan yang diterapkan sudah mampu mengendalikan *flyrock* agar tetap berada dalam batas keselamatan yang diharapkan (Permana *et al.*, 2025).



Sumber: image.slidesharecdn.com

Gambar 2.8 Simbol Geometri Peledakan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu pada bulan Maret hingga April 2026, bersamaan dengan pelaksanaan kegiatan magang. Rincian tahapan dan jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan (Bulan , Minggu)							
		1				2			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Observasi Lapangan								
2	Pengambilan Data								
3	Pengolahan dan Evaluasi Data								
4	Konsultasi dan Bimbingan								

Sumber: Penulis, 2026

3.2 Tahapan Penelitian

Metode yang Penulis gunakan untuk mengambil data yang dibutuhkan untuk keperluan penyelesaian laporan tugas akhir ini :

1. Observasi lapangan

Kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung. Tujuan dari observasi langsung untuk mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Data dapat berupa data primer dan data sekunder.

2. Pengambilan data

Data yang dibutuhkan sebagai berikut:

Data penelitian terdiri atas tujuh kegiatan peledakan yang dilakukan selama periode Maret–April 2026 pada area *overburden* Pit 3 Banko Barat PT Bukit Asam Tbk. Data tersebut digunakan sebagai sampel penelitian untuk mengevaluasi hubungan geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan.

a. Data Primer

Data primer yang digunakan:

- 1) Data *Powder Factor*
- 2) Data Geometri Peledakan
- 3) Data Fragmentasi

b. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan:

- 1) Peta Lokasi dan Topografi
- 2) Peta Geologi
- 3) Peta IUP

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menganalisis parameter geometri peledakan dan hasil fragmentasi, kemudian membandingkannya dengan standar perusahaan untuk mengevaluasi kondisi aktual di lapangan.

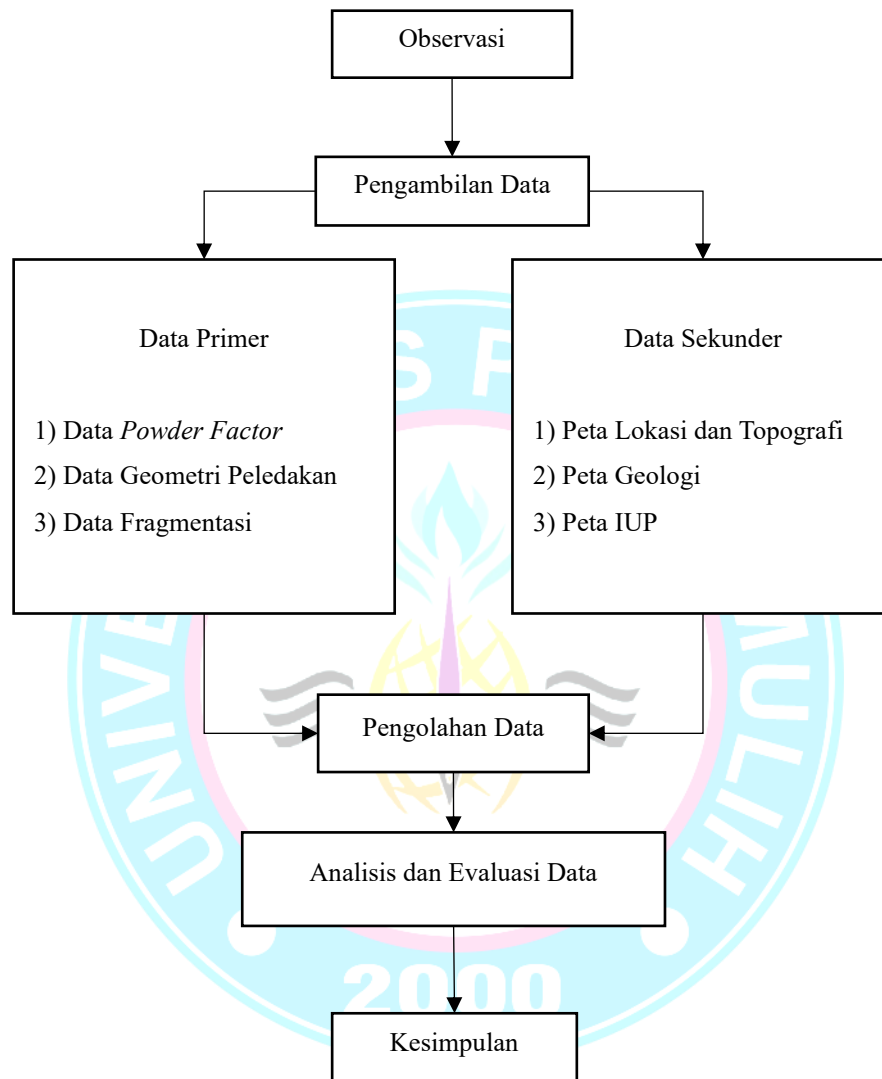
4. Evaluasi Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan akan diolah melalui perhitungan menggunakan persamaan atau rumus-rumus yang berkaitan dengan geometri peledakan dan fragmentasi batuan. Hasil perhitungan tersebut kemudian dievaluasi dengan membandingkan nilai yang diperoleh terhadap standar teknis atau target fragmentasi yang ditetapkan oleh perusahaan. Evaluasi difokuskan pada kesesuaian geometri peledakan yang digunakan terhadap kualitas fragmentasi hasil peledakan. Parameter yang dievaluasi antara lain:

- a. Geometri peledakan (*burden, spacing, stemming, subdrilling*, dan kedalaman lubang bor, *powder factor*).
- b. Jumlah bahan peledak yang digunakan per lubang.
- c. Fragmentasi hasil peledakan yang meliputi distribusi ukuran fragmen batuan.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan disesuaikan dengan tahapan dari penelitian seperti Gambar 3.1 berikut:



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

3.4.1 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, pengukuran langsung, dokumentasi, serta pengumpulan dokumen perusahaan yang berkaitan dengan kegiatan peledakan.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian selama kegiatan magang di PT Bukit Asam Tbk Pit 3 Banko Barat. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Data geometri peledakan, yang meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, kedalaman lubang ledak (*hole depth*), tinggi jenjang, diameter lubang bor, panjang kolom isian (*powder column*), serta jumlah lubang peledakan. Data diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan dan dokumentasi perusahaan.
- b. Data *powder factor* (PF), yang diperoleh dari data jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap kegiatan peledakan dan volume batuan yang dibongkar. Data ini digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan peledak per satuan volume batuan.
- c. Data fragmentasi hasil peledakan, yang diperoleh melalui dokumentasi foto material hasil peledakan. Setiap lokasi peledakan difoto menggunakan objek pembanding berupa helm keselamatan berdiameter 25 cm sebagai skala pengukuran. Selanjutnya foto dianalisis menggunakan perangkat lunak *Split Desktop 4.0* untuk memperoleh distribusi ukuran fragmentasi berupa nilai F20, F50, dan F80.

Data primer pada penelitian ini berasal dari tujuh kegiatan peledakan yang dilaksanakan pada bulan Maret sampai April 2026 di area pengupasan *overburden* Pit 3 Banko Barat.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari perusahaan, literatur ilmiah, dan dokumen teknis yang berkaitan dengan penelitian. Data sekunder yang digunakan meliputi:

- a. Peta lokasi penelitian dan topografi.
- b. Peta geologi daerah penelitian.
- c. Peta Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT Bukit Asam Tbk.

Data sekunder tersebut digunakan untuk memberikan gambaran mengenai kondisi lokasi penelitian, karakteristik geologi, serta mendukung analisis terhadap hasil evaluasi geometri peledakan.

3.4.2 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah secara deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan. Tahapan pengolahan data dilakukan sebagai berikut.

1. Pengolahan data geometri peledakan

Data geometri peledakan aktual yang diperoleh dari lapangan disusun dalam bentuk tabel yang meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, tinggi jenjang, panjang kolom isian, diameter lubang bor, serta volume peledakan. Selanjutnya data tersebut dibandingkan dengan geometri teoritis berdasarkan metode C.J. Konya untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya.

2. Perhitungan *powder factor*

Powder factor dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang dibongkar menggunakan Persamaan (2.7). Nilai yang diperoleh kemudian dibandingkan pada setiap kegiatan peledakan untuk mengetahui konsistensi penggunaan bahan peledak.

3. Pengolahan data fragmentasi

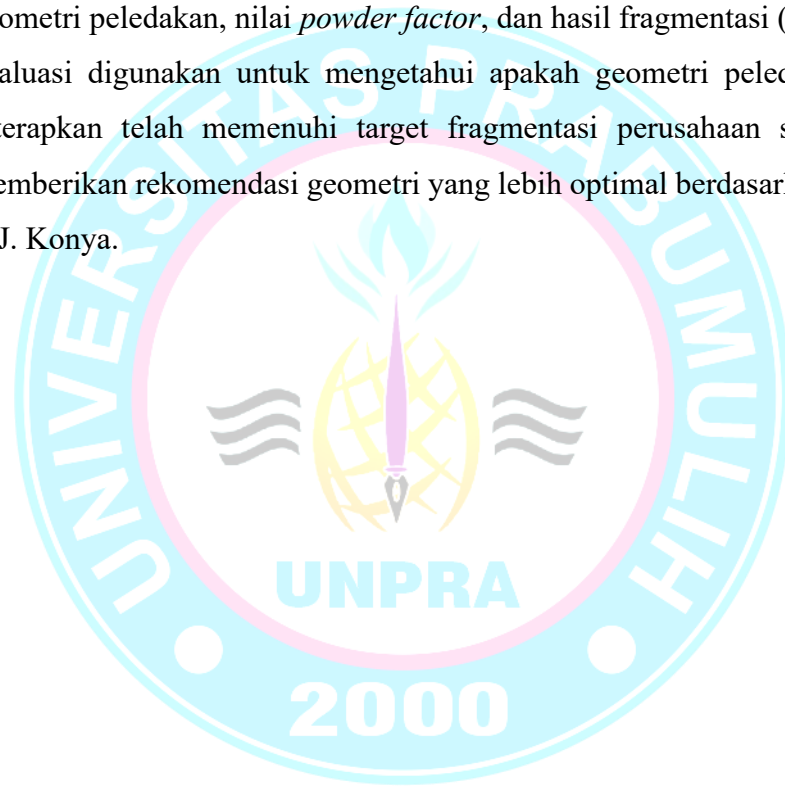
Foto hasil peledakan dianalisis menggunakan perangkat lunak *Split Desktop 4.0* sehingga diperoleh distribusi ukuran fragmentasi berupa nilai F20, F50, dan F80. Nilai F80 selanjutnya digunakan sebagai parameter utama dalam mengevaluasi kualitas fragmentasi hasil peledakan dan dibandingkan dengan target fragmentasi PT Bukit Asam Tbk.

4. Analisis perbandingan geometri peledakan

Geometri peledakan aktual dibandingkan dengan geometri teoritis metode C.J. Konya melalui analisis parameter *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang, dan panjang kolom isian. Selain itu dilakukan analisis rasio geometri, yaitu *burden/spacing ratio* (B/S), *stemming/burden ratio* (T/B), dan *powder column/hole depth ratio* (PC/H), untuk mengevaluasi efektivitas distribusi energi peledakan.

5. Evaluasi hubungan geometri peledakan terhadap fragmentasi

Tahap akhir dilakukan dengan mengevaluasi hubungan antara parameter geometri peledakan, nilai *powder factor*, dan hasil fragmentasi (F80). Hasil evaluasi digunakan untuk mengetahui apakah geometri peledakan yang diterapkan telah memenuhi target fragmentasi perusahaan serta untuk memberikan rekomendasi geometri yang lebih optimal berdasarkan metode C.J. Konya.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kondisi Aktual Geometri Peledakan

Sebelum merancang geometri peledakan yang optimal, langkah awal yang dilakukan adalah mengumpulkan data aktual dari lapangan sebagai acuan untuk membandingkan kondisi nyata dengan desain yang direncanakan. Data dalam penelitian ini diperoleh melalui kegiatan observasi, pengukuran langsung di lapangan, serta dilengkapi dengan data sekunder. Salah satu data penting yang dikaji adalah komposisi bahan peledak pada kegiatan peledakan di PT Bukit Asam Tbk Pit 3 Banko Barat, yang terdiri dari 71% emulsi dan 29% Ammonium Nitrate (AN), dengan densitas campuran bahan peledak sebesar 1,2 g/cc, sedangkan densitas *clay* sebesar 1,8 ton/m³. Komposisi ini menunjukkan dominasi penggunaan emulsi untuk mendukung hasil fragmentasi yang optimal.

4.1.1 Geometri Peledakan Aktual

Geometri aktual peledakan yang dibutuhkan seperti nilai *Burden* (B), *Spacing* (S), *Stemming* (T), *Subdrilling* (J), Tinggi Jenjang (L), Kedalaman Lubang Ledak (H), Jumlah Isian (*Powder Column*). Geometri peledakan aktual dalam 7 kali peledakan, dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Geometri Aktual di Lapangan

Tanggal	Jumlah Lubang	B (m)	S (m)	T (m)	J (m)	H (m)	L (m)	PC (m)	De (inch)	Volume
09/03/2026	110	8,5	9,5	4,5	-	7,09	8	2,49	7,875	62976,93
12/03/2026	103	8,5	9,5	4,6	-	7,21	8	2,49	7,875	59967,37
29/03/2026	89	8,5	9,5	4,7	-	7,33	8	2,49	7,875	52678,88
30/03/2026	119	8,5	9,5	4,7	-	7,32	8	2,49	7,875	70339,71
31/03/2026	116	8,5	9,5	4,5	-	6,96	8	2,49	7,875	65194,32
04/04/2026	52	8,5	9,5	5,3	-	7,78	8	2,49	7,875	32668,22
12/04/2026	40	8,5	9,5	4,5	-	7,09	8	2,49	7,875	22900,7

Sumber: Penulis, 2026

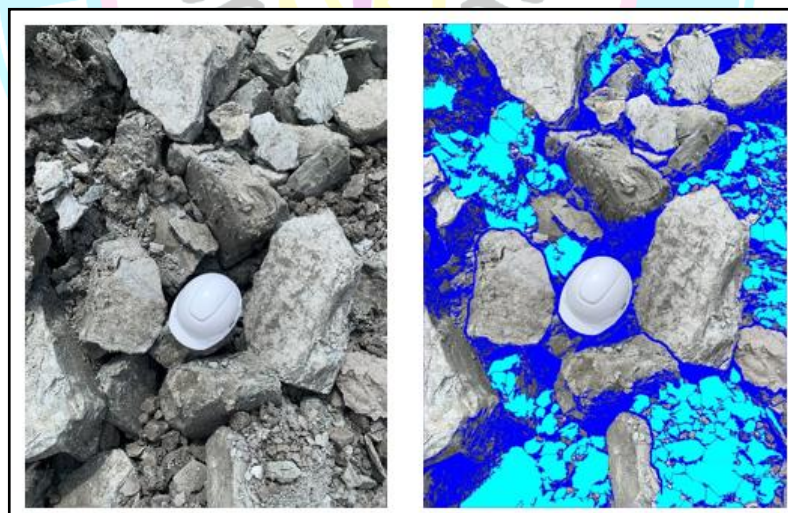
Pada kegiatan peledakan di PT Bukit Asam, parameter *subdrilling* (J) tidak digunakan karena material yang diledakkan berupa *clay* (lempung) yang bersifat lunak dan mudah terfragmentasi. Secara teoritis, *subdrilling* diperlukan

untuk menghindari terbentuknya *toe* pada batuan keras. Namun, pada material *clay*, energi bahan peledak sudah cukup untuk menghancurkan hingga dasar jenjang tanpa penambahan kedalaman lubang bor. Oleh karena itu, *subdrilling* tidak diterapkan guna menjaga efisiensi biaya tanpa mengurangi kualitas hasil fragmentasi.

4.1.2 Hasil Fragmentasi Lapangan

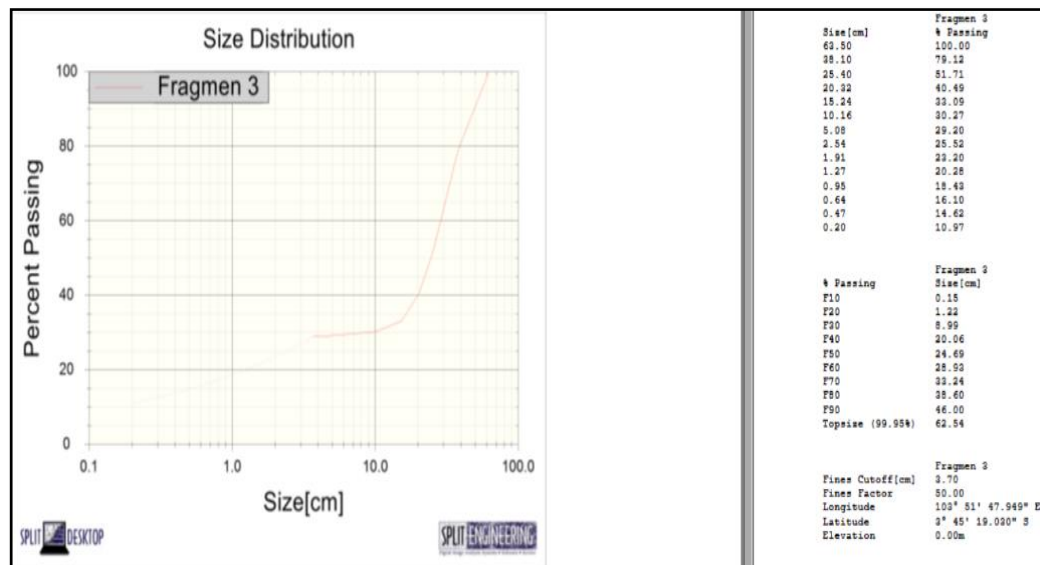
Pengambilan data fragmentasi hasil peledakan dilakukan dengan menggunakan alat pembanding berupa helm keselamatan yang memiliki diameter 25 cm sebagai skala. Untuk setiap satu kali peledakan, dilakukan pengambilan foto fragmentasi sebanyak dua kali.

Selanjutnya, analisis ukuran fragmentasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Split-Desktop 4.0*. Pada saat pengambilan gambar, objek pembanding ditempatkan tegak lurus terhadap bidang foto batuan hasil peledakan guna memperoleh hasil yang akurat. Distribusi ukuran fragmentasi dari total tujuh kali peledakan kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel. Gambar berikut menunjukkan contoh proses pengambilan foto fragmentasi dengan menggunakan skala.



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.1 Distribusi Aktual Fragmentasi



Sumber: Penulis 2026

Gambar 4.2 Hasil *Split Desktop 4.0* Fragmentasi

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil distribusi rata-rata fragmentasi perpeledakan menunjukkan bahwa nilai F80 terbesar terdapat pada peledakan ke- 1 sebesar 54,83 cm, sedangkan F80 terkecil pada peledakan ke- 3 sebesar 34,7 cm untuk rata-rata.

Tabel 4.2 Fragmentasi Aktual

No.	Tanggal	F20	F50	F80
1	09/03/2026	1,845	31,72	54,83
2	12/03/2026	1,44	27,47	47,91
3	29/03/2026	1,95	20,525	34,7
4	30/03/2026	0,38	7,655	49,05
5	31/03/2026	1,06	25,78	48,77
6	04/04/2026	2,57	20,865	37,885
7	12/04/2026	11,01	33,49	52,825
8	Rata-rata	2,89	23,93	46,57

Sumber: Penulis 2026

4.1.3 Perhitungan *Powder Factor* Aktual

Berikut merupakan hasil perhitungan *powder factor* yang diperoleh dari data geometri aktual peledakan pada bulan Maret – April 2026. Nilai *powder factor* dihitung berdasarkan perbandingan antara Jumlah bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang terbongkar. Parameter ini berfungsi untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan bahan peledak serta ketercapaian target fragmentasi yang diharapkan. Adapun hasil perhitungan *powder factor* Aktual 12 April 2026 dapat dilihat dibawah ini.

Volume = 22.900,70 BCM

Jumlah lubang = 40 lubang

Total bahan peledak = 3.205 kg

Komposisi:

Emulsi = 2.276 kg

AN = 929 kg

1. Volume peledakan per lubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times H \dots\dots\dots (4.1) \\ &= 8,5 \text{ m} \times 9,5 \text{ m} \times 7,09 \text{ m} \\ &= 572,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Massa batuan terbongkar

$$\begin{aligned} M &= B \times S \times H \times n \times \rho \text{ clay} \dots\dots\dots (4.2) \\ &= 8,5 \text{ m} \times 9,5 \text{ m} \times 7,09 \times 40 \times 1,8 \text{ ton/m}^3 \\ &= 41.221,26 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Pemakaian bahan peledak :

Pemakaian bahan peledak per area peledakan

$$\begin{aligned} Q &= \text{Emulsi} + \text{AN} \dots\dots\dots (4.3) \\ &= 2.276 \text{ kg} + 929 \text{ kg} \\ &= 3.205 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bahan peledak perlubang

$$\begin{aligned} E &= \frac{Qe}{n} \dots\dots\dots (4.4) \\ &= \frac{3.205 \text{ kg}}{40} \\ &= 80,13 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Loading density

$$q = \frac{E}{PC} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$= \frac{80,13}{2,49}$$

$$= 32,18 \text{ kg/m}$$

5. Powder factor (PF)

$$PF = \frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= \frac{3.205 \text{ kg}}{22.900 \text{ BCM}}$$

$$= 0,139 \text{ kg/BCM}$$

Untuk hasil *powder factor* selanjutnya dapat dilihat pada tabel disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 *Powder Factor* Aktual

Tanggal	Volume (BCM)	Total bahan peledak (Kg)	Emulsi (kg)	AN (kg)	PF
09/03/2026	62.976,93	8.815	6.259	2.556	0,13997
12/03/2026	59.967,09	8.394	5.960	2.434	0,13998
29/03/2026	52.679,88	7.374	5.236	2.138	0,13998
30/03/2026	70.307,34	9.842	6.988	2.854	0,13999
31/03/2026	65.194,48	9.126	6.480	2.646	0,13998
04/04/2026	32.659,34	4.571	3.246	1.325	0,13996
12/04/2026	22.900,70	3.205	2.276	929	0,13995
Rata-rata	52.383,68	7.332	5.206	2.126	0,140

Sumber: Penulis 2026

4.1.4 Perbandingan Geometri Aktual dan Geometri Teoretis.

Perbandingan antara geometri peledakan aktual yang diterapkan di lapangan dengan geometri teoretis berdasarkan metode C.J. Konya. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian geometri aktual serta mengetahui potensi peningkatan kinerja peledakan. Parameter geometri teoretis berdasarkan metode C.J. Konya dihitung sebagai berikut:

1. Perhitungan geometri C.J.Konya

Geometri peledakan usulan berdasarkan metode C.J. Konya digunakan sebagai pendekatan teoritis untuk mengevaluasi kemungkinan peningkatan kinerja peledakan. Rancangan ini

mengutamakan distribusi energi peledakan yang lebih efektif melalui penyesuaian parameter *burden* dan *spacing*. Secara teoritis, peningkatan jarak antar lubang ledak yang masih berada dalam batas aman dapat tetap menghasilkan distribusi energi yang memadai sehingga berpotensi menghasilkan fragmentasi yang sesuai dengan target.

Geometri peledakan usulan berdasarkan metode C.J. Konya ditentukan sebagai berikut.

a. *Burden* (B)

Diketahui:

$$De = 7,875 \text{ inch}$$

$$SGe = 1,20$$

$$SGr = 1,80$$

$$B = 3,15 \times De \times \sqrt[3]{\frac{SGe}{SGr}} \dots\dots\dots (4.7)$$

$$= 3,15 \times 7,875 \times \sqrt[3]{\frac{1,20}{1,80}}$$

$$= 3,15 \times 7,875 \times \sqrt[3]{0,67}$$

$$= 3,15 \times 7,875 \times 0,88$$

$$= 21,82 \text{ ft}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3 \text{ m}$$

$$= 21,82 \times 0,3$$

$$= 6,65 \text{ m}$$

b. *Spacing* (S)

$$S = 1,4 \times B \dots\dots\dots (4.8)$$

$$= 1,4 \times 6,65$$

$$= 9,31 \text{ m}$$

c. *Stemming* (T)

$$T = 0,7 \times B \dots\dots\dots (4.9)$$

$$= 0,7 \times 6,65$$

$$= 4,66 \text{ m}$$

d. *Subdrilling* (J)

$$J = K_j \times B \dots\dots\dots(4.10)$$

$$= 0,3 \times 6,65$$

$$= 1,99 \text{ m}$$

e. Tinggi Jenjang (L)

Untuk Pit = 8 m

f. Kedalaman lubang (H)

$$H = L + J \dots\dots\dots(4.11)$$

$$= 8 + 1,99$$

$$= 9,99 \text{ m}$$

g. Panjang kolom isian (PC)

$$PC = H - T \dots\dots\dots(4.12)$$

$$= 9,99 - 4,66$$

$$= 5,33 \text{ m}$$

Tabel 4.4 Geometri Usulan C.J. Konya

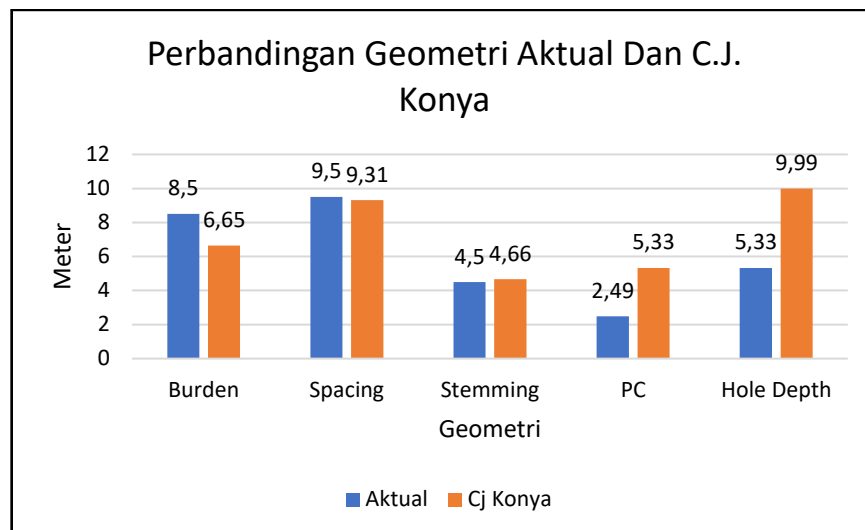
No	B (m)	S (m)	T (m)	J (m)	H (m)	PC (m)	De (inc)
1	6,65	9,31	4,66	1,99	9,99	5,33	7,875

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 4.5 Perbandingan Geometri usulan C.J. Konya

Parameter	Aktual	C.J. Konya	Satuan
<i>Burden</i>	8,5	6,65	meter
<i>Spacing</i>	9,5	9,31	meter
<i>Stemming</i>	4,5	4,66	meter
<i>Powder Column</i>	2,49	5,33	meter
<i>Subdrilling</i>	-	1,99	meter
<i>Hole Depth</i>	7,09	9,99	meter
Diameter	7,875	7,875	Inch

Sumber: Penulis, 2026



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.3 Perbandingan Geometri Aktual dan Usulan C.J. Konya

Berdasarkan grafik perbandingan geometri peledakan aktual dan usulan metode C.J. Konya, terlihat perbedaan signifikan pada beberapa parameter yang memengaruhi distribusi energi peledakan.

Pada *burden*, geometri aktual sebesar 8,5 m lebih besar dibanding usulan 6,65 m, sehingga energi harus menjangkau volume batuan yang lebih luas dan berpotensi menghasilkan fragmentasi lebih kasar. *Spacing* aktual sebesar 9,5 m juga sedikit lebih besar dari usulan sebesar 9,31 m, dan kombinasi keduanya pada kondisi aktual kurang proporsional, menyebabkan distribusi energi antar lubang kurang merata. Pada *stemming*, nilai usulan sebesar 4,66 m sedikit lebih tinggi dibanding aktual sebesar 4,5 m, yang meningkatkan *confinement* sehingga energi lebih terfokus ke dalam batuan. Perbedaan paling mencolok terdapat pada panjang kolom isian, di mana aktual hanya 2,49 m sedangkan usulan mencapai 5,33 m, menunjukkan peningkatan energi bahan peledak yang mendukung fragmentasi lebih halus. Selain itu, kedalaman lubang pada geometri usulan (9,99 m) lebih besar dibanding aktual (7,09 m).

Secara keseluruhan, geometri usulan metode C.J. Konya secara teoritis berpotensi lebih optimal karena menghasilkan distribusi energi yang lebih efektif melalui *burden* yang lebih kecil, *powder column*

yang lebih panjang, sehingga berpotensi menghasilkan fragmentasi yang lebih halus dan seragam.

2. Analisis rasio geometri terhadap fragmentasi

a. *Burden/spacing ratio (B/S)*

$$\begin{aligned}\text{Aktual B/S} &= \frac{8,5}{9,5} \dots\dots\dots(4.13) \\ &= 0,89\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Usulan B/S} &= \frac{6,65}{9,31} \dots\dots\dots(4.14) \\ &= 0,71\end{aligned}$$

Nilai rasio B/S pada geometri usulan lebih rendah dibandingkan kondisi aktual, yang menunjukkan jarak burden relatif lebih kecil terhadap *spacing* sehingga distribusi energi peledakan berpotensi menjadi lebih merata.

b. *Stemming/burden ratio (T/B)*

$$\begin{aligned}\text{Aktual T/B} &= \frac{4,5}{8,5} \dots\dots\dots(4.15) \\ &= 0,53\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Usulan T/B} &= \frac{4,66}{6,65} \dots\dots\dots(4.16) \\ &= 0,70\end{aligned}$$

Nilai *stemming/burden ratio (T/B)* meningkat dari 0,53 menjadi 0,70, menunjukkan bahwa *stemming* lebih efektif menahan gas peledakan sehingga distribusi energi menjadi lebih berpotensi menghasilkan fragmentasi yang lebih optimal.

c. *Powder column rasio/hole depth (PC/H)*

$$\begin{aligned}\text{Aktual PC/H} &= \frac{2,49}{7,09} \dots\dots\dots(4.17) \\ &= 0,35\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Usulan PC/H} &= \frac{5,33}{9,99} \dots\dots\dots(4.18) \\ &= 0,53\end{aligned}$$

Nilai rasio pada geometri usulan lebih tinggi dibandingkan kondisi aktual. Hal ini menunjukkan bahwa energi bahan peledak yang bekerja pada massa batuan lebih besar sehingga berpotensi menghasilkan fragmentasi yang lebih halus dan seragam.

3. Pengaruh terhadap fragmentasi *overburden*

Berdasarkan hasil perbandingan geometri peledakan aktual dan geometri teoretis, dapat dianalisis pengaruh masing-masing geometri terhadap kualitas fragmentasi *overburden* sebagai berikut:

- a. Geometri aktual telah menghasilkan fragmentasi *overburden* yang memenuhi target perusahaan. Namun, kombinasi *burden* yang relatif lebih besar dan *powder column* yang lebih pendek masih memberikan peluang untuk mengoptimalkan distribusi energi peledakan agar fragmentasi menjadi lebih seragam.
- b. Pada geometri usulan berdasarkan metode C.J. Konya diperkirakan mampu meningkatkan distribusi energi peledakan melalui *burden* yang lebih kecil, *powder column* yang lebih panjang, dan *stemming* yang lebih proporsional. Kondisi tersebut berpotensi menghasilkan fragmentasi *overburden* yang lebih seragam dibandingkan geometri actual.

Dengan demikian, geometri aktual telah menghasilkan fragmentasi yang memenuhi target perusahaan, namun masih terdapat peluang optimasi untuk memperoleh distribusi fragmentasi yang lebih seragam. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan geometri berdasarkan metode teoritis untuk meningkatkan kualitas fragmentasi.

4.2 Evaluasi Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi

Evaluasi pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi dibahas sebagai berikut:

4.2.1 Pengaruh Powder Factor Terhadap Fragmentasi

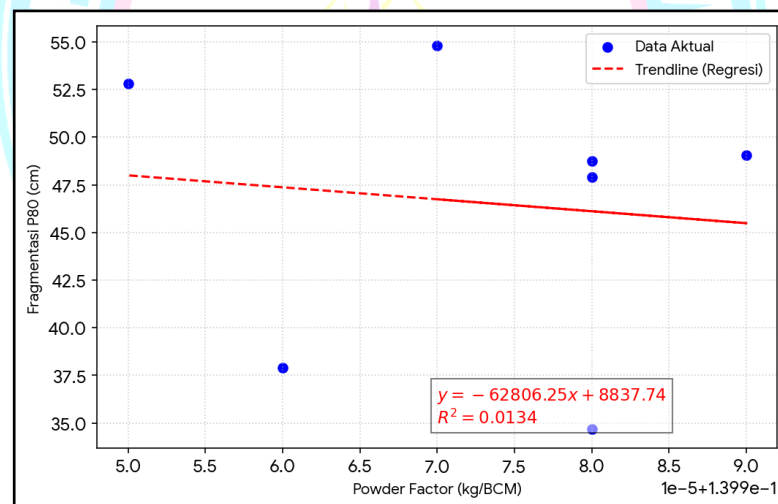
Berdasarkan hasil analisis hubungan antara *powder factor* (PF) dengan distribusi ukuran fragmentasi F80 menunjukkan korelasi negatif. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan nilai PF berbanding terbalik dengan

ukuran fragmen batuan yang dihasilkan. Secara teknis, semakin besar energi bahan peledak yang didistribusikan per satuan volume batuan, maka proses penghancuran massa batuan menjadi lebih intensif sehingga menghasilkan distribusi fragmentasi yang lebih halus (nilai F80 menurun). Sebaliknya, nilai PF yang lebih rendah cenderung menghasilkan ukuran fragmen yang lebih kasar.

Tabel 4.6 Pengaruh *Powder Factor* terhadap F80

Tanggal	PF	F80
09/03/2026	0,13997	54,83
12/03/2026	0,13998	47,91
29/03/2026	0,13998	34,7
30/03/2026	0,13999	49,05
31/03/2026	0,13998	48,77
04/04/2026	0,13996	37,885
12/04/2026	0,13995	52,82

Sumber: Penulis, 2026



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.4 Grafik Pengaruh PF terhadap Distribusi Fragmentasi

Pada analisis hubungan antara *powder factor* (PF) dan ukuran fragmentasi (F80), Variasi PF terlalu kecil sehingga tidak cukup mewakili pengaruh PF terhadap perubahan F80. Nilai PF berada pada kisaran yang sangat sempit, yaitu antara 0,13995 hingga 0,13999 kg/BCM, sehingga dapat dikatakan relatif konstan. Di sisi lain, nilai F80 menunjukkan ukuran di mana

80% material hasil peledakan berada di bawah ukuran tersebut, yang digunakan sebagai indikator tingkat kehalusan fragmentasi.

Berdasarkan persamaan regresi yang diperoleh, terlihat bahwa koefisien bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan berbanding terbalik antara PF dan F80, di mana peningkatan nilai PF cenderung diikuti oleh penurunan ukuran fragmentasi (hasil menjadi lebih halus). Namun demikian, nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,0134$) yang dihasilkan tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena variasi nilai PF dalam data sangat kecil, sehingga pengaruhnya terhadap perubahan ukuran fragmentasi menjadi kurang signifikan.

Dengan kondisi tersebut, dapat dipahami bahwa perubahan ukuran fragmentasi pada kegiatan peledakan di PT Bukit Asam Tbk Pit 3 Banko Barat tidak hanya dipengaruhi oleh PF, tetapi lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lain seperti geometri peledakan yang diterapkan dan karakteristik batuan di Pit 3.

4.2.1 Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi

Geometri peledakan merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam menentukan distribusi energi di dalam massa batuan. Meskipun nilai *powder factor* (PF) relatif tetap, perbedaan hasil fragmentasi menunjukkan bahwa parameter geometri peledakan memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap ukuran fragmentasi batuan. Nilai *burden* dan *spacing* yang terlalu besar dapat mengakibatkan distribusi energi peledakan menjadi tidak merata sehingga menghasilkan fragmentasi yang lebih kasar. Sebaliknya, peningkatan panjang *powder column* cenderung meningkatkan energi yang disalurkan ke dalam massa batuan, sehingga menghasilkan fragmentasi yang lebih halus. Berdasarkan hasil penelitian, nilai F80 rata-rata sebesar 46,57 cm telah memenuhi target perusahaan, yaitu ≤ 50 cm. Meskipun demikian, masih terdapat peluang untuk melakukan optimasi melalui penyesuaian parameter geometri peledakan agar diperoleh distribusi fragmentasi yang lebih seragam dan konsisten. Oleh karena itu, pengendalian setiap parameter geometri peledakan perlu dilakukan secara cermat karena perubahan yang relatif kecil

pada parameter tersebut dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai F80.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pada BAB IV mengenai evaluasi geometri peledakan di area penambangan PT Bukit Asam Tbk, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi aktual geometri peledakan yang diterapkan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa parameter utama seperti *burden*, *spacing*, tinggi jenjang, dan panjang kolom isian telah mengikuti pola desain yang relatif seragam pada setiap kegiatan peledakan. Nilai *powder factor* (PF) yang diperoleh cenderung konstan dengan rentang yang sangat kecil, yang mengindikasikan bahwa jumlah bahan peledak per volume batuan telah dikontrol dengan baik. Meskipun parameter geometri relatif konstan, hasil fragmentasi tetap menunjukkan variasi, yang mengindikasikan bahwa geometri yang diterapkan belum optimal dalam mendistribusikan energi peledakan.
2. Pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi menunjukkan bahwa meskipun nilai *powder factor* relatif konstan, variasi hasil fragmentasi (F80) tetap terjadi, yang menandakan bahwa geometri peledakan lebih dominan dalam mempengaruhi fragmentasi, di mana *burden* dan *spacing* yang terlalu besar menyebabkan distribusi energi tidak merata sehingga menghasilkan fragmentasi yang relatif lebih besar, sedangkan geometri yang lebih optimal dengan *burden* dan *spacing* proporsional serta kolom isian yang memadai mampu menghasilkan fragmentasi yang lebih halus dan lebih optimal untuk kegiatan pengupasan *overburden*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan optimasi dan pengendalian geometri peledakan secara menyeluruh, khususnya pada parameter *burden* dan *spacing*, melalui *trial*

desain berdasarkan metode teoritis (seperti C.J. Konya), agar distribusi energi peledakan lebih merata dan menghasilkan fragmentasi yang konsisten serta sesuai target produksi.

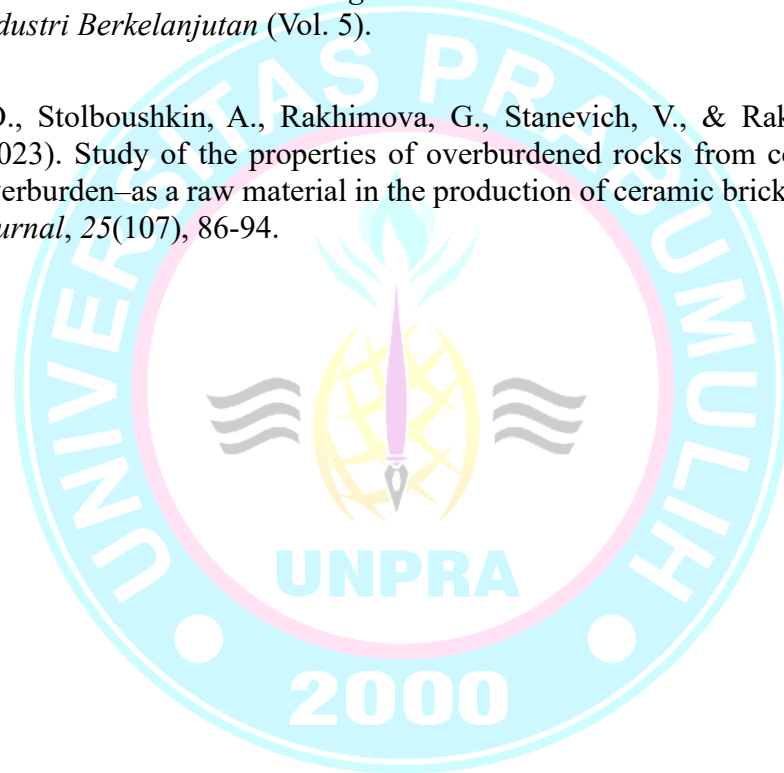
2. Diperlukan evaluasi lanjutan dengan menggunakan data geometri peledakan yang lebih bervariasi, sehingga dapat dilakukan analisis statistik regresi untuk mengetahui hubungan kuantitatif antara geometri dan fragmentasi (F80), serta didukung oleh pengamatan lapangan dan dokumentasi hasil peledakan yang sistematis sebagai *database* peningkatan performa peledakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, S., Samanlangi, A. I., & Ma'rief, A. A. F. (2023). "Kajian Teknis Geometri Peledakan terhadap Flyrock Hasil Peledakan di PT. Petrosea Kbl Site Ccm Kalimantan Utara." *JEBE: Journal of Environment Behavior and Engineering*, 1(2), hal 9-16.
- Baskara, A., & Adnyano, A. I. A. (2020). Analisis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Pada Tambang Batubara Di Pt. Harmoni Panca Utama. *Mining Insight*, 1(02), 163-167.
- Brantson, E. T., Appiah, T. F., Alhassan, I., Dzomeku, G. M., Boateng, E. O., Takyi, B., ... & Kobi, A. K. (2024). "A comprehensive review of traditional, modern and advanced presplit drilling and blasting in the mining and construction industries." *Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 25(2), hal 87-97.
- Frianto, R., Nurhakim, N., & Riswan, R. (2017). Kajian teknis geometri peledakan pada keberhasilan pembongkaran overburden berdasarkan fragmentasi hasil peledakan. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 11(1), 56–67.
- Haisoo, C. V., & Jusfarida, J. (2024, October). "Kajian Teknis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Overburden Hasil Peledakan di Pit 2 Banko Barat PT Bukit Asam Tbk, Sumatra Selatan." In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (No. 1).
- Kurniawati, S., Saptono, S., Wiyono, B., & Lusantono, Ow (2025). "Analisis Fragmentasi Batuan Di Quarry B Pt Indocement Tunggal Prakarsa, Unit Palimanan, Cirebon." *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 10 (2), Hal 146-153.
- Mboyo, H. L., Huo, B., Mulenga, F. K., Fogang, P. M., & Kasongo, J. K. K. (2024). "Assessing the Impact of Surface Blast Design Parameters on the Performance of a Comminution Circuit Processing a Copper-Bearing Ore." *Minerals*, 14(12), hal 1226.
- Nugraha, S. P., Hariyanto, R., & Siwidiani, I. L. (2021). Kajian Teknis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Dan Digging Time Di Pit Kangguru PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Pt. Kaltim Prima Coal. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 7(1), 58-62.
- Octova, A., Putri, M., & Yulhendra, D. (2022). "Estimasi Geometri Peledakan Optimal Menggunakan Pemodelan Multivariat untuk Mengurangi Potensi Bongkahan dan Meningkatkan Produksi Pertambangan." *Georest*, 1 (1), hal 7-12.

- Permana, I. S., Setiawan, M. W., & Oswara, R. M. (2025). "Evaluation of Blasting Geometry and Flyrock to Determine Safe Distance in Overburden Stripping Activities." *Global Education Journal*, 3(2), hal 797-804.
- Sundari, W. (2019). "Evaluasi Pola Peledakan ditinjau Dari Pada Karakteristik Massa Batuan Wilayah Iup Pt Rpp Contractor Indonesia Job Site Jembayan Desa Buana Jaya Tenggara Seberang Kalimantan timur." *Jurnal Teknologi*, 13(2), hal 40-50.
- Vincent, V., Cahyono, Y. D. G., & Fanani, Y. (2025, March). Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Dan Digging Time Alat Gali Muat Excavator Backhoe PC 2000 Di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk, Sumatera Selatan. In *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan* (Vol. 5).
- Vyshar, O., Stolboushkin, A., Rakhimova, G., Stanevich, V., & Rakhimov, M. (2023). Study of the properties of overburdened rocks from coal mining: overburden—as a raw material in the production of ceramic bricks. *Geomate journal*, 25(107), 86-94.



LAMPIRAN A

DOKUMENTASI PENELITIAN DI LAPANGAN

1. Kegiatan Rangkaian Peledakan



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.1 Pemboran Lubang Ledak



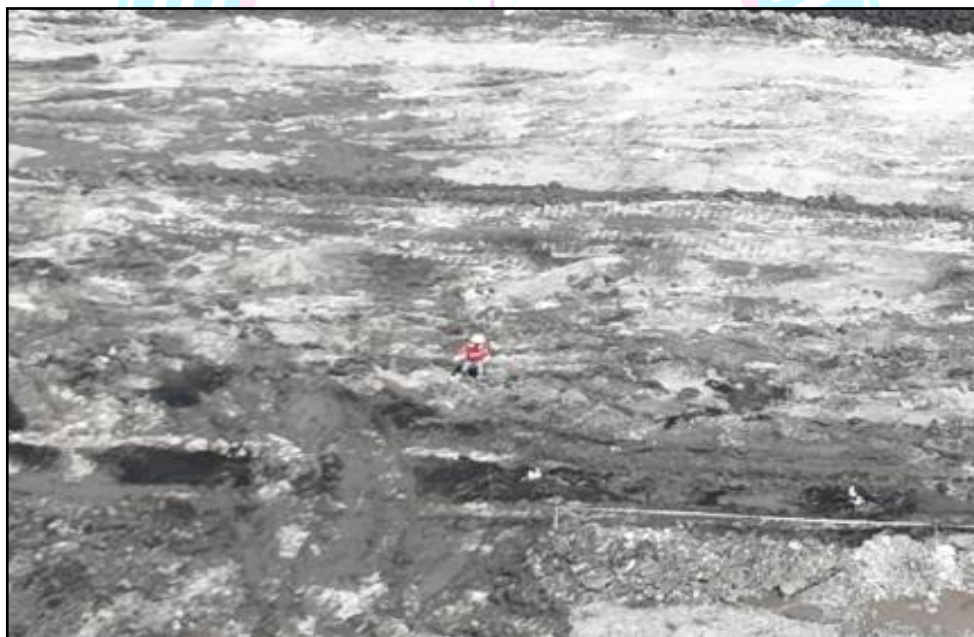
Sumber: Penulis 2026

Gambar A.2 Pengecekan Lubang Ledak



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.3 Persiapan Bahan Peledak



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.4 Pengisian Primer (*Priming*)



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.5 Pengisian Bahan Peledak (*Charging*)



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.6 Pengisian *Stemming*



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.7 Perangkaian Peledakan



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.8 Pengamanan Area Peledakan



Sumber: Penulis 2026

Gambar A.9 Pelaksanaan Peledakan

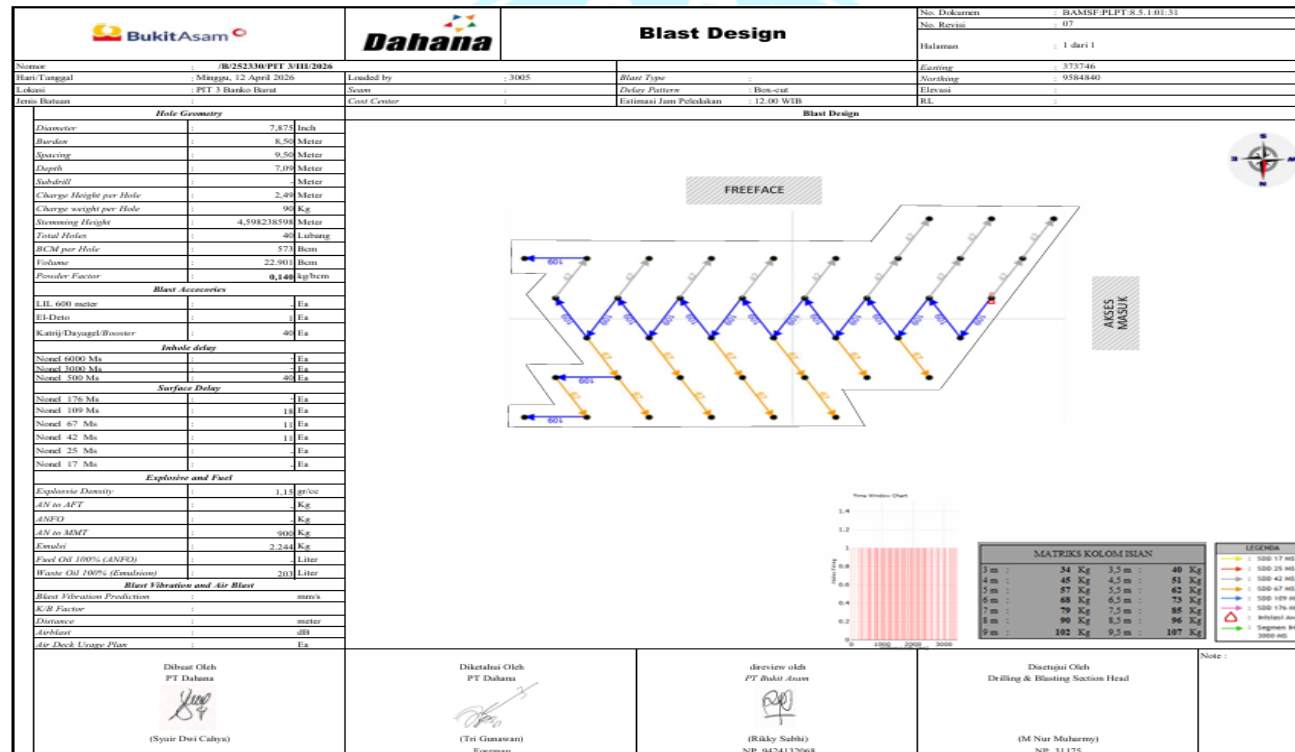


Sumber: Penulis 2026

Gambar A.10 Fragmentasi Hasil Peledakan

LAMPIRAN B

BLAST DESIGN



Sumber: Penulis, 2026

Gambar B.1 Lembar Rancangan Peledakan (*Blast Design*)