

OPTIMALISASI PEMBERAIAN OVERBURDEN DENGAN METODE *RIPPING* DAN PELEDAKAN DI BANKO BARAT PT BUKIT ASAM TBK

Optimization of Overburden Loosening by Ripping and Blasting Methods at West Banko PT Bukit Asam Tbk

MUHAMMAD T. TOHA*, RESTU JUNIAH** dan MAULANA YUSUF**

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Masjid Al Gazali, Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30128
Korespondensi e-mail : ttoha@unsri.ac.id

* Kontributor Utama **Kontributor Anggota

ABSTRAK

Sistem penambangan batubara di Tambang Banko Pit 1 Utara adalah *strip mining* dengan sistem *shovel-dump truck*. Jenis material terdiri dari *top soil*, *claystone*, *siltstone* dengan *strength* 0,2 – 3 Mpa dan sebagian perlu diledakkan. Untuk menunjang kinerja *excavator* perlu dilakukan pemberaian *overburden* terlebih dahulu menggunakan *ripper* Komatsu D375A-5. Berdasarkan nilai kuat tekan (*strength*) material, spesifikasi *ripper* dan *excavator* yang digunakan, produktivitas *excavator* PC-2000 masih belum optimal karena kedalaman penggaruan hanya 1,2 m, sedangkan kedalaman garuk dari PC-2000 bisa mencapai 2,5 m, akibatnya *bucket excavator* masih mengambil material yang belum digaru. Untuk meningkatkan produktivitas *excavator* PC-2000 dalam pemberaian material, perlu dilakukan aktivitas peledakan terhadap *overburden* tersebut. Peledakan ini hanya untuk meretakkan *overburden* tersebut mengingat material termasuk kategori *very soft strength rock*. Tujuan penelitian ini untuk mengoptimalkan produktivitas *excavator* Komatsu PC-2000 dan melakukan evaluasi rancangan teknis peledakan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap area pemukiman warga di sekitar tambang. Rekomendasi untuk optimalisasi *ripping* yaitu mengganti *ripper* yang lebih besar (Komatsu D475A-5) dengan penggaruan mencapai 2,5 m atau mengganti *excavator* yang lebih besar (PC-3000) dengan *digging force* yang lebih besar. Rekomendasi rancangan teknis peledakan untuk *overburden* adalah dengan sistem *nonel*, pengisian bahan peledak *bottom air deck* menggunakan bit diameter 200 mm dan geometri peledakan menggunakan *burden* 8 m, *spacing* 9 m, dan kedalaman lubang ledak 8 m.

Kata kunci: penggaruan, peledakan, kekuatan material, produktivitas *excavator*.

ABSTRACT

The coal mining system at the Banko Pit 1 North Mine is *strip mining* with a *shovel-dump truck* system. The type of material consists of *top soil*, *claystone*, *siltstone* with a *strength* of 0.2 – 3 Mpa and some must be blasted. To support the performance of the *excavator*, it is necessary to first remove the *overburden* using a Komatsu D375A-5 *ripper*. Based on the compressive strength of the material, the specifications of the *ripper* and the *excavator* used, the productivity of the PC-2000 *excavator* is still not optimal because the harrowing depth is only about 1.2 m, while the scratching depth of the PC-2000 can reach 2.5 m, so the *excavator bucket* is still picking up material that has not been harrowed. In order to increase the productivity of the PC-2000 *excavator* for material loosening, it is necessary to carry out blasting activities on the *overburden*. This blasting is only to crack the *overburden* considering the material is categorized as *very soft strength rock*. The purpose of this research is to optimize the productivity of the Komatsu PC-2000 *excavator* and evaluate the technical design of blasting so that it does not have a negative impact on residential areas around the mine. Recommendations for optimizing *ripping* are replacing a larger *ripper* (Komatsu D475A-5) with a harrow of up to 2.5 m or replacing a larger *excavator* (PC-

3000) with a larger digging force. The recommendation for blasting technical design for overburden is the nonel system, charging bottom air deck explosives using a bit diameter of 200 mm and blasting geometry using 8 m burden, 9 m spacing, and 8 m depth of the blast hole.

Keywords: ripping, blasting, material strength, excavator productivity.

PENDAHULUAN

Sistem penambangan batubara pada Tambang Banko Barat Pit 1 Utara PT. Bukit Asam Tbk adalah *stripmining* menggunakan sistem *shovel-dump truck*. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem terbuka yang terdiri dari pembersihan lahan, pengupasan tanah pucuk, pengupasan lapisan batuan penutup, pemuatan batubara, dan pengangkutan batubara (Shiddiqi dan Kasim, 2018). Pada kegiatan penggalian *overburden* digunakan *excavator backhoe* Komatsu PC 2000 dengan *digging force* 626 kN(0,626 Mpa), sedangkan materialnya berupa *low strength rock* dengan nilai kuat tekan berkisar 0,5 – 3,0 MPa (Choudhary, 2015). Sebagian dari material ini tidak mampu digali langsung oleh *excavator*, sehingga *ripper* dibutuhkan untuk membantu penggalian tersebut (Juwita, Toha dan Syarifuddin, 2018; Sujiman, 2018; Baklaes, Toha dan Azwardi, 2021). Di Banko Barat Pit 1 alat yang digunakan dari jenis *ripper* D375A-5.

Penggaruan (*ripping*) merupakan metode pembongkaran massa batuan secara mekanis, prinsip kerjanya adalah menancapkan gigi *ripper* untuk menghancurkan material sampai kedalaman tertentu dan diekstraksi menggunakan *bulldozer* dengan arah dan jarak tertentu (Sujiman, 2018). Kegiatan penggalian *overburden* terhadap material yang sudah digaru masih belum optimal karena spesifikasi *excavator* PC 2000 dan *ripper* D375A-5 yang digunakan belum optimal (tidak *match*). Untuk meningkatkan produktivitas sistem *shovel-dump truck*, maka untuk pemberaian material perlu dilakukan kegiatan peledakan. Aktivitas peledakan bertujuan untuk memberai batuan dari suatu kesatuan material geologi yang bersifat *solid* menjadi beberapa bagian yang lebih kecil (fragmentasi) (Noviansyah, Toha dan Bochori, 2017). Sedangkan untuk produktivitas *ripping* disarankan dengan mengganti tipe *ripper* yang lebih besar gigi nya lebih dalam atau tipe *ripper* tetap dan mengganti tipe *excavator* dengan *digging force* yang lebih besar.

Bagian selatan dan barat daya pit limit tambang batubara Banko Barat Pit 1 Utara dekat dengan area pemukiman warga. Dalam rangka meningkatkan efisiensi penggalian *overburden* dan mengatasi getaran tanah akibat peledakan serta meningkatkan kestabilan lereng, maka harus dirancang geometri peledakan, penggunaan bahan peledak, dan sistem *delay* (Ilahi, Ibrahim dan Swardi, 2014). Ukuran fragmentasi yang dihasilkan dengan menggunakan desain geometri peledakan tertentu diharapkan sesuai dengan kapasitas *bucket excavator* (Toha, Bochori dan Waluyo, 2017).

Operasi peledakan di tambang biasanya disertai dengan efek seismik yang meliputi getaran tanah, ledakan udara/ tekanan berlebih/ kebisingan; asap dan debu (Akande, Aladejare dan Lawal, 2014). Getaran tanah yang ditimbulkan oleh kegiatan peledakan apabila telah melampaui level tertentu dapat mengakibatkan gangguan terhadap kestabilan lereng dan kerusakan pada lingkungan sekitar tambang (Indonesianto, 2012). Getaran biasanya dinyatakan dalam *peak particle velocity* (PPV), *peak particle acceleration* (PPA), perpindahan, dan percepatan yang sangat dipengaruhi oleh jumlah bahan peledak maksimal per *delay* dan jarak titik pengukuran ke lokasi peledakan (Komatsu Ltd., 2009; Wardhana, Toha dan Juniah, 2020).

Tujuan penelitian ini untuk mengoptimalkan produktivitas *excavator* Komatsu PC-2000 dengan membahas teknis peledakan (rancangan geometri peledakan, penggunaan bahan peledak, dan sistem *delay*) dan penggunaan tipe *ripper* dengan kedalaman penetrasi yang lebih dalam atau melakukan penggantian tipe alat *excavator* dengan *digging force* yang lebih besar. Di samping itu memperkirakan luas area yang akan diledakkan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap area pemukiman warga di sekitar tambang dan luas area yang tetap dilakukan *ripping*.

Geologi, Geoteknik dan Geohidrologi

Geologi

Area Pit 1 Utara Banko Barat disituasikan dengan bentuk morfologi perbukitan. Elevasi tertinggi 135 mdpl dan elevasi terendah 55 mdpl. Kondisi struktur geologi area sekitar dipengaruhi oleh intrusi batuan beku andesit pada bagian timur *pit existing*. Kontur struktur perlapisan area Pit 1 Utara Banko Barat cenderung mengikuti zona intrusi membentuk *dome* dengan zona intrusi sebagai titik pusat sehingga arah endapan menerus ke arah selatan kemudian menyerong ke timur mengikuti zona intrusi. Struktur patahan cenderung ditemukan pada area yang berbatasan dengan zona intrusi andesit.

Pit existing memiliki luasan area 120 Ha, meluas mengikuti arah *strike* batubara utara ke selatan dengan arah *dip* ke barat. Bagian utara dibatasi oleh *cropline* batubara, bagian timur dibatasi pemukiman, bagian barat dibatasi zona intrusi andesit dan bagian selatan sebagai arah kemenerusan *pit*.

Stratigrafi area Pit 1 Utara Banko Barat diperoleh dari korelasi data bor PT Bukit Asam Tbk di *pit* tersebut seperti terlihat pada Gambar 2, yang terdiri dari :

1. Interval di atas A1 Batupasir dijumpai adanya nodul *clay ironstone*. Lapisan batubara gantung (*hanging*) dengan tebal 0,3-3,0 meter.
2. Batubara A-1
Dijumpai adanya lapisan pengotor sebanyak 2-3 lapis dan dibagian "*base*" kadang-kadang dijumpai lensa-lensa batu lanau. Mengalami pemisahan menjadi A1U (4m) dan A1L (3m). Tebal lapisan ini 6,5-9 meter. Pita pengotor (batu lempung tufaan/ *tuffaceous claystone*) dengan tebal 1-15 cm. Dijumpai lensa-lensa batulanau/*silt-stone* (kadang-kadang silikaan) pada posisi 1 m dari "*base*" dengan tebal 2-15 cm.
3. Interval A1-A2 berupa batu lempung/batupasir tufaan, tebal 2-4 m.
4. Batubara A2 dijumpai adanya batubara silikaan pada bagian *top* dan kadang-kadang dijumpai pita pengotor batu lempung karbonan serta dijumpai lensa-lensa batu lanau, tebal 7,5-11,5 m.

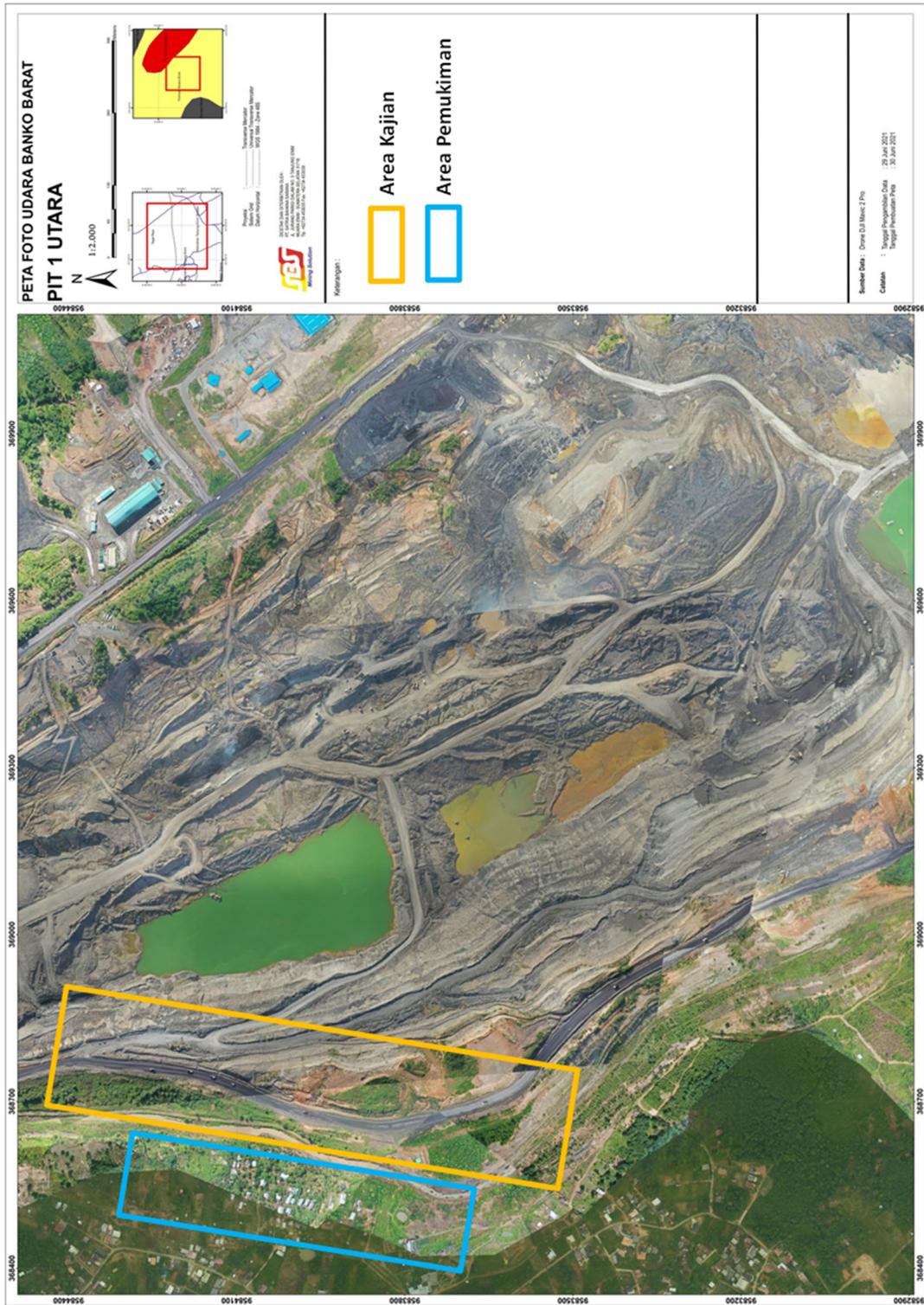
Batubara silikaan (*silicified coal*) sangat keras, tebal 20-40 cm.

Pita pengotor (batu lempung karbonan), tebal 2-15 cm.

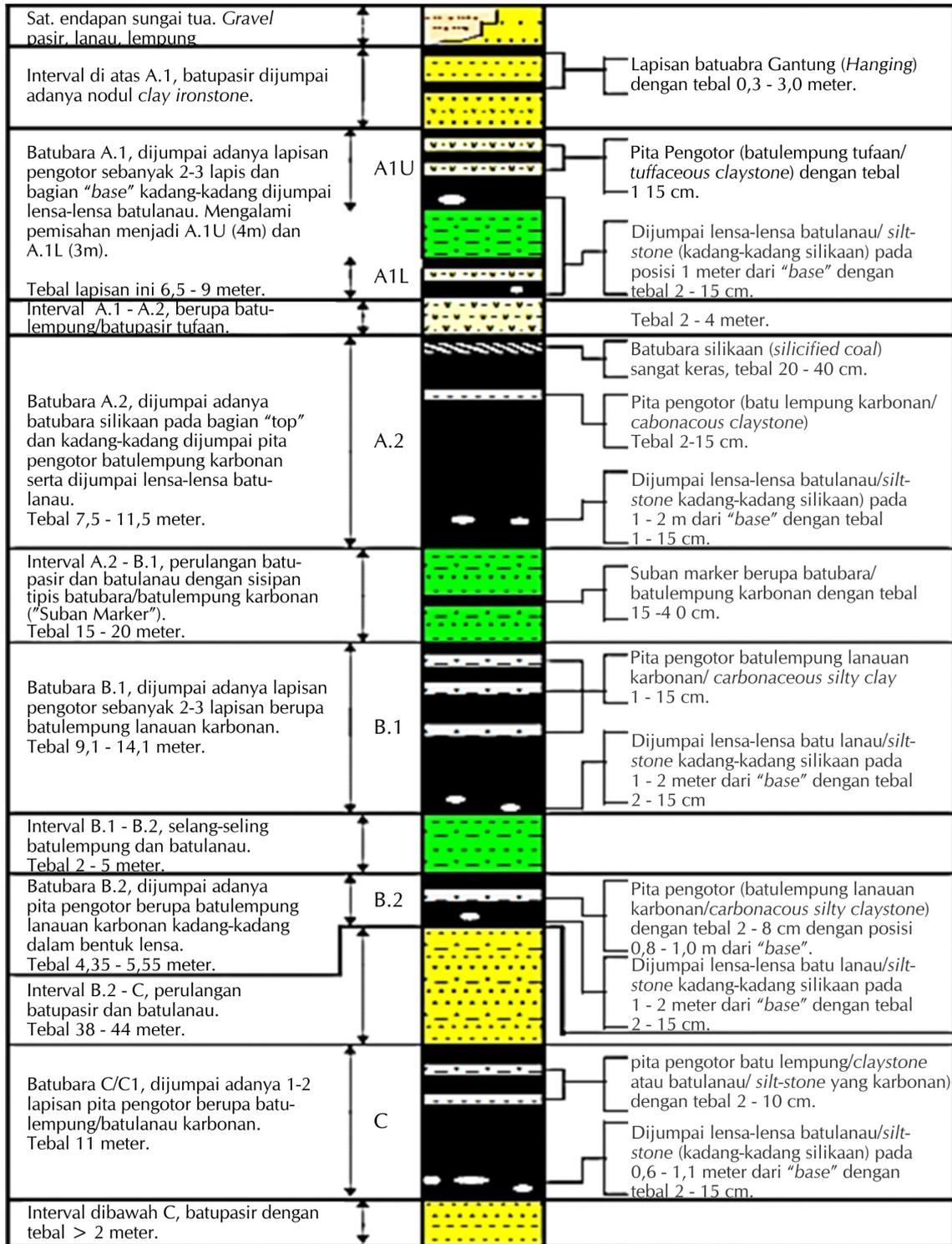
Dijumpai lensa-lensa batulanau/*silt-stone* kadang-kadang silikaan) pada 1-2 m dari "*base*" dengan tebal 1-15 cm.

5. Interval A2-B1 perulangan batupasir dan batulanau dengan sisipan tipis batubara/batulempung karbonan, tebal 9,1 – 14,1 m. Suban marker berupa batubara/batulempung karbonan dengan tebal 15-40 cm.
6. Batubara B1 dijumpai adanya lapisan pengotor sebanyak 2-3 lapis berupa batu lempung lanauan karbonan, tebal 9,1 – 14,1 m. pita pengotor batu lempung lanauan karbonan/ *carbonaceous silty clay* 1-15 cm.
Dijumpai lensa-ensa batu lanau/*silt-stone* kadang-kadang silikaan pada 1-2 m dari "*base*" dengan tebal 2-15 cm
7. Interval B1-B2 selang seling batulempung dan batulanau, tebal 2-5 m.
8. Batubara B2 dijumpai adanya pita pengotor berupa batu lempung lanauan karbonan kadang-kadang dalam bentuk lensa, tebal 4,35-5,55 m. pita pengotor (batulempung lanauan karbonan) dengan tebal 2-8 cm dengan posisi 0,8-1,0 m dari "*base*".
9. Interval B2-C perulangan batupasir dan batu lanau, tebal 38-44 m. dijumpai lensa-lensa batu lanau/*silt-stone* kadang-kadang silikaan pada 1-2 m dari "*base*" dengan tebal 2-15 cm.
10. Batubara C/C1 dijumpai adanya 1-2 lapis pita pengotor berupa batu lempung/batu lanau karbonan, tebal 11 m. pita pengotor batu lempung/*claystone* atau batu lanau/*silt-stone* yang karbonan dengan tebal 2-10 cm.
11. Interval di bawah C batupasir dengan tebal > 2m.

Lapisan material pada area Pit 1 Utara Banko Barat dibagi berdasarkan lapisan *overburden*, *seam* batubara, dan *interburden* antar *seam*. Lapisan *overburden* dominan dengan jenis material *silty claystone*. Lapisan batubara terdiri dari *seam* A1, A2, B, dan C. Lapisan *interburden* terdiri dari jenis material *sandy silty claystone*, *silty claystone*, dan *sandy siltstone*.



Gambar 1. Orthophoto pit 1 Utara Banko Barat



Gambar 2. Stratigrafi area pit 1 Utara Banko Barat

Geoteknik

Parameter geoteknik yang digunakan pada penelitian berupa data densitas, kohesi, dan sudut geser dalam material kondisi jenuh air (Tabel 1). Data parameter geoteknik didapatkan

berdasarkan uji sifat fisik dan mekanik batuan yang dilakukan oleh PT Bukit Asam Tbk.

Berdasarkan data geoteknik pada Tabel 1, untuk nilai kuat tekan material lebih kecil dari 0,6 Mpa

(top soil) tidak diledakkan, karena *digging force* alat gali muat yang digunakan *excavator backhoe* PC 2000 sebesar 0,626 Mpa mampu menggali material tersebut. Sedangkan untuk nilai kuat tekan 1-5 Mpa dapat *diripping* menggunakan Ripper Komatsu D375, sedangkan nilai kuat tekan 5-20 Mpa harus diledakkan (Juwita, Toha dan Syarifuddin, 2018).

Hidrogeologi

Air tanah sekitar area pit 1 Utara Banko Barat diasumsikan berasal dari air resapan permukaan. Sumber mata air tanah tidak ditemukan pada lubang bukaan pit. Penyaliran air tanah area pit 1 Utara Banko Barat diasumsikan hanya mengikuti bidang perlapisan dari lapisan *top soil*. Jenis material *top soil* cenderung bersifat *loose* material dengan ketebalan 1 – 3 m. Lapisan selanjutnya memiliki jenis material *silty claystone* yang bersifat lebih *impermeable*. Maka efek permukaan air tidak dipertimbangkan pada analisis. Pengaruh parameter hidrologi terhadap efektivitas peledakan yaitu curah hujan 2.531,1 mm/ tahun, dengan jam hujan 338,5 jam/ tahun, hari hujan 191 hari/ tahun, serta frekuensi hujan sebanyak 433/ tahun.

METODE

Lokasi penelitian ini adalah perusahaan pertambangan batubara PT Bukit Asam Tbk yang terletak di Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi pengukuran dan pengamatan berada di area Banko Barat Pit 1 Utara. Penelitian ini dilakukan pada September - Desember 2020.

Tahapan penelitian mulai dari studi kepustakaan, observasi lapangan, pengolahan, analisis data, serta memberikan rekomendasi berdasarkan analisis dan kesimpulan.

Studi kepustakaan dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis terhadap konsep analisis pemberaian material dengan metode penggaruan (*ripping*) dan metode peledakan (*blasting*). Variabel yang telah diteliti untuk menentukan produktivitas *ripper* dan *excavator* yaitu efisiensi kerja, *cycle time* alat, faktor *bucket* dan *blade* (Komatsu Ltd., 2009).

Bulldozer

$$P_{bull} = \frac{kb \times fb \times EK \times 3600}{Ct} \times SF \dots\dots\dots (1)$$

$$kb = l \times h^2 \dots\dots\dots (2)$$

Ripper

$$P_{rp} = \frac{W \times K \times J \times EK \times 3600}{Ct} \times SF \dots\dots\dots (3)$$

Excavator

$$P_{exct} = \frac{Kb \times Ff \times EK \times 3.600}{Ct} \times SF \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

P bull : Produksi *bulldozer* (bcm/jam)

P rp : Produksi *ripper* (bcm/jam)

P exct : Produksi *excavator*

kb : kapasitas *blade* (m³)

l : lebar *blade* (m)

h : tinggi *blade* (m)

Kb : kapasitas *bucket* (m³)

fb : faktor *blade*

Ff : *Fill factor*

J : Panjang garuan (m)

W : Lebar garuan (m)

K : Kedalaman garuan (m)

EK : Efisiensi Kerja

Ct : *Cycle time* (detik)

SF : *Swell Factor*

Tabel 1. Parameter geoteknik pit 1 Utara

No	Material	D (ton/m ³)		UCS (MPa)	τ (MPa)	C (KPa)	φ (°)
		<i>In-Situ</i>	<i>Bulk</i>				
1	<i>Top Soil</i>	1,005 – 1,63	1,53 – 1,88	0,066 – 0,199	-	32,81	11,2 – 24,36
2	OB A1	1,13 – 2,03	1,35 – 2,27	1,32	0,47	77,14	3,24 – 27,16
3	<i>Seam</i> A1	0,83 – 0,90	1,18 – 1,28	7,46	0,18	176,14	15,38 – 44,18
4	IB A1-A2	1,34 – 2,001	1,76 – 2,17	5,75	0,17	142,41	6,1 – 30,77
5	<i>Seam</i> A2	0,89 – 1,10	1,15 – 1,35	9,1	0,26	229,86	7,64 – 40,45
6	IB A2-B1	0,98 – 1,92	1,59 – 2,16	2,02	0,28	107,23	5,6 – 30
7	<i>Seam</i> B1	0,80 – 1,01	1,13 – 1,32	10,2	0,29	203,07	11,31 – 28,85
8	IB B1-B2	1,65 – 2,24	1,94 – 2,42	0,4	0,14	126,84	7,64 – 25,9
9	<i>Seam</i> B2	0,84 – 1,03	1,17 – 1,42	7,23	0,23	254,77	15,37 – 29,64
10	IB B2-C	0,93 – 2,30	1,2 – 2,46	3,29	0,25	118,2	2,86 – 127,4
11	<i>Seam</i> C	0,83 – 1,89	1,15 – 2,14	4,64	0,16	201,43	22,79 – 37,11
12	<i>Lower</i> C	1,70 – 2,08	1,96 – 2,27	2,66	1,27	139,59	9,1 – 24,39

Studi lapangan dilakukan dengan melakukan pengumpulan data primer dan sekunder, sebagai berikut: untuk mendapatkan beberapa nilai variabel PPS dan PVS (transversal, vertikal dan longitudinal) menggunakan alat Blasmate^{III} dan diolah menggunakan *Software Blastware*. Setelah didapatkannya data PPS dan PVS maka akan dihubungkan dengan *scale distance* yang didapatkan dari perbandingan jarak dengan muatan bahan peledak per *delay* yang diketahui menggunakan *Software ShotPlus-i Pro Version 4.6*.

Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan menghitung rata-rata *cycle time* alat utama dan alat penunjang, variabel efisiensi kerja (perbaikan alat rata-rata, jumlah curah hujan rata-rata) serta melakukan analisis terhadap kinerja *ripper*, *bulldozer*, dan *excavator*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Observasi Lapangan

Operasional penambangan menggunakan peralatan utama berupa *excavator* dan *dump truck* serta *bulldozer/ ripper* sebagai alat penunjang kegiatan penambangan. Sebelum melakukan penambangan batubara, perlu dilakukan pengupasan tanah penutup terlebih dahulu. Pengupasan tanah penutup pada pit 1 Utara, Banko Barat dilakukan dengan sistem *ripping* terlebih dahulu setelah itu baru dilakukan penggalian dan pemuatan *overburden* menggunakan *excavator* PC 2000 dan diangkut menuju ke disposal menggunakan alat muat angkut Komatsu HD 785.

Produktivitas yang dihasilkan dari kegiatan penggalian *overburden* menggunakan *excavator* PC 2000 pada saat penelitian belum optimal, masih di bawah target yang diinginkan oleh perusahaan. Hal ini yang menjadi dasar penelitian mulai dari teknis kegiatan *ripping* yang dilakukan *bulldozer* Komatsu D375. Kegiatan *ripping* ini bertujuan untuk memberai batuan pada saat pembongkaran namun belum berjalan optimal karena produktivitas PC 2000 masih di bawah target akibat spesifikasi *ripper* Komatsu D375A-5 dengan kedalaman gigi 1,3 m tidak *match* dengan *excavator* yang digunakan yaitu PC-2000.

Kajian Produktivitas *Excavator* dan *Ripper*

Kegiatan penggalian tanah menggunakan *excavator* PC 2000 dan untuk pemberaian material tanah menggunakan *dozer* Komatsu D375. Berdasarkan pengamatan terhadap kegiatan pengupasan tanah penutup yang dilakukan di lapangan, didapat data hasil pengamatan berupa data *cycle time* alat gali muat PC 2000 beserta produktivitas dari *excavator* PC 2000 dan *cycle time* dari alat *bulldozer* Komatsu D375 beserta produktivitasnya serta *cycle time* dan produktivitas dari unit HD 785.

$$P = \frac{3600}{59} \times 12 \times 0,85 \times 0,76 \times 0,87 = 415 \text{ bcm/jam}$$

Jika dilihat dari perhitungan di atas diketahui bahwa produktivitas alat gali muat PC 2000 adalah 415 bcm/jam. Produktivitas ini masih di bawah target perusahaan. Selama pengamatan di lapangan hal yang memengaruhi produktivitas PC 2000 adalah kondisi tinggi jenjang antara PC 2000 dengan alat *hauler*-nya, *cycle time* yang relatif masih tinggi serta metode *ripping* yang dilakukan oleh *bulldozer* Komatsu D375 masih belum maksimal. Kondisi dari tinggi jenjang (*bench*) juga dapat memengaruhi produktivitas *excavator*. Agar mendapatkan hasil galian yang maksimal, maka tinggi jenjang pijakan yang optimum adalah antara 40 - 75% dari kedalaman maksimum yang dapat dijangkau oleh *excavator*. Jika tinggi jenjang (*bench*) terhadap material yang akan digali tidak memiliki tinggi yang mencukupi, akan sulit untuk mengisi *bucket* sampai penuh dalam satu kali *passing*.

Faktor yang memengaruhi produktivitas *excavator* PC-2000 adalah kedalaman hasil penetrasi *ripper*, yaitu kedalaman penetrasi 1,3 m sedangkan lebar *bucket* PC-2000 adalah 2,5 m sehingga pada saat penggalian *excavator* menyentuh material insitu. Produktivitas PC-2000 dengan *ripping* mendapatkan hasil 415 bcm/ jam, dengan *cycle time* 59 detik.

Untuk meningkatkan produktivitas *excavator* PC-2000 sebaiknya pemberaian *overburden* dilakukan peledakan dengan kontrol getaran tanah percepatan seismik $\leq 3 \text{ mm/ detik}$ agar tidak mengganggu lingkungan area pemukiman masyarakat di sekitar tambang. Sedangkan untuk meningkatkan produktivitas *excavator* PC-2000 dengan metode *ripping* disarankan

agar menggunakan tipe *ripper* yang lebih besar *horsepower* dan kedalaman penetrasi giginya yaitu *bulldozer/ripper* Komatsu D475A-5. Di samping itu dapat dilakukan alternatif *ripper* tetap komatsu D375A-5 tapi *excavator* diganti dengan tipe yang lebih besar *digging forcenya* yaitu *excavator* PC-3000.

Rancangan Teknis Peledakan

Sistem peledakan *overburden* di Pit 1 Utara Banko Barat menerapkan *non-electric detonator* (nonel) yang dikombinasikan dengan sistem inisiasi menggunakan *dayadet electric detonator* yang dihubungkan ke *blasting machine* menggunakan *lead wire*. Diameter *bit* yang digunakan adalah 200 mm, dan tujuan peledakan pada material *very soft strength rock Bienawski 2 - 20 Mpa* (Toha, Bochori dan Fajar, 2020), hanya untuk meretakkan material (Toha, Bochori dan Waluyo, 2017). Pola pengeboran lubang handak adalah sistem zig-zag dengan geometri peledakan seperti tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Geometri peledakan

No	Geometri Peledakan	
1	Burden, m	8
2	Spasing, m	8,75
3	Kedalaman, m	8
4	Subdrilling, m	0
5	Tinggi Jenjang, m	8
6	Stemming, m	6,18
7	Kolom Charge, m	1,82
8	Volume Bongkaran, m ³	560
9	Jumlah Bahan Peledak, Kg/ lubang	47,32
10	Powder Factor	0,85

Geometri yang digunakan di lokasi pit 1 sama dengan geometri peledakan pada pit 2 untuk meledakkan *overburden*. Referensi penggunaan bahan peledak pada pit 1 akan mengikuti referensi penggunaan bahan peledak pada pit 2 baik itu peledakan secara *non air deck* maupun peledakan dengan *air deck*.

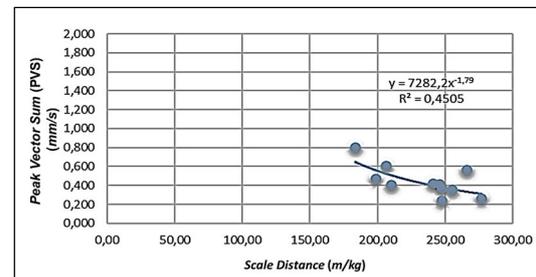
Sistem *delay* peledakan dibagi menjadi 5 grup, 4 grup terdiri dari 20 lubang, dan 1 grup terdiri dari 17 lubang dengan sistem *delay* masing-masing grup menggunakan *delay* detonator 0 ms, 42 ms, 67 ms, 109 ms, 3000 ms, dan *inhole* detonator 500 ms. Jika jenis peledakan *double deck* maka menggunakan *inhole* detonator 500 ms, dan *inhole* detonator 6000

ms untuk meminimalisir dampak peledakan berupa getaran yang dihasilkan pada peledakan tersebut.

Nilai PPV dan PVS yang dihasilkan dari proses peledakan yang telah dilakukan menggunakan alat Blasmate^{III}, hasil grafik pengukuran antara PVS dengan *scale distance* menghasilkan persamaan $PVS = 7282,2x^{-1,79}$, seperti disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Nilai PPV dan PVS peledakan

PPV (mm/s)			PVS	Scaled
Transversal	Vertikal	Longitudinal	(mm/s)	Distance
0,363	0,276	0,552	0,570	266,02
0,331	0,236	0,323	0,413	245,91
0,315	0,213	0,268	0,361	254,82
0,252	0,339	0,331	0,421	240,59
0,260	0,331	0,244	0,370	247,46
0,307	0,591	0,504	0,808	183,51
0,315	0,229	0,347	0,407	209,73
0,236	0,142	0,221	0,241	247,46
0,449	0,284	0,434	0,473	198,43
0,229	0,158	0,205	0,262	276,67
0,465	0,370	0,489	0,609	206,22



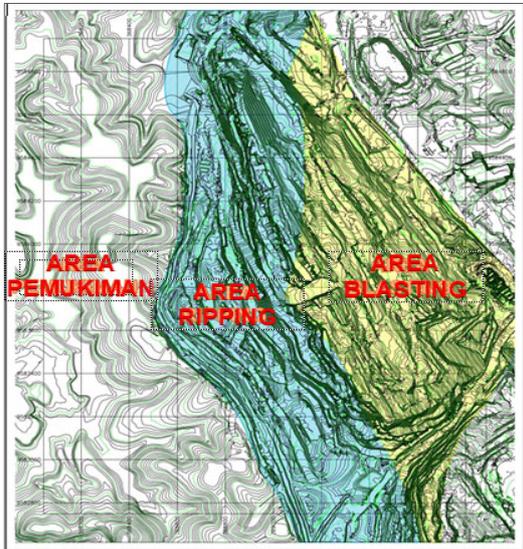
Gambar 3. Grafik PVS VS *scale distance*

Area Peledakan dan Ripping

Dengan dilakukannya kegiatan peledakan di pit 1 Banko Barat, maka perlu direncanakan area yang dapat diledakkan. Perlu dilakukan pertimbangan terhadap kegiatan peledakan yang akan dilaksanakan karena efek getaran yang ditimbulkan dapat berdampak terhadap pemukiman warga. Perlu dilakukan *control blasting* pada area yang telah ditentukan sehingga dampak getaran peledakan dapat diminimalisir dan juga dapat mempersempit jarak aman yang dapat diledakkan.

Berdasarkan hasil rencana area pembersihan yang dilakukan pada pit 1 Banko Barat telah ditentukan area pembersihan tersebut terbagi

dua area, berdasarkan perlakuan yang akan dilakukan yaitu area *ripping* dan area *blasting* (Gambar 4). Area *ripping* dan area *blasting* seluas 246,63 Ha.



Gambar 4. Peta kontur Pit 1 Banko Barat area *ripping – blasting overburden*

Area *ripping* menunjukkan daerah yang berwarna biru. Area tersebut memiliki jarak dari pemukiman kurang dari 500 m sehingga penggunaan peledakan tidak dianjurkan pada daerah tersebut. Area *ripping* terletak pada area *highwall* Barat dengan luas area yang akan *diripping* seluas 134,04 Ha. Sedangkan daerah berwarna kuning merupakan daerah yang kegiatan pemberaiannya dilakukan dengan menggunakan metode *blasting*. Area tersebut berjarak lebih dari 500 m dari daerah pemukiman maka kegiatan peledakan dapat dilakukan dengan mengatur *delay* pada saat peledakan. Hal itu bisa meminimalisir getaran tanah yang dapat menimbulkan dampak buruk pada bangunan pemukiman warga apabila efek getarannya melebihi standar yang telah ditentukan. Luasan area *blasting* yang berada pada area *low wall* Timur seluas 112,59 Ha. Dengan pengaturan demikian kegiatan pemberaian akan aman untuk dilakukan tanpa mengganggu daerah pemukiman warga seperti terlihat pada Gambar 4.

Hasil simulasi perhitungan peledakan dengan standar getaran yang dapat ditoleransi untuk

area pemukiman yaitu nilai yang digunakan untuk PVS besarnya 3 mm/s, sehingga untuk jarak 500 m isian optimum tiap lubang ledaknya sebesar 41,27 kg. Nilai isian ini dapat bertambah seiring dengan bertambahnya jarak lokasi peledakan seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Simulasi *scale distance*

PVS (mm/s)	Jarak (m)	Scaled Distance (m/Kg ^{0,5})	Isian/Lubang (kg)
3	300	77,83	24,86
3	400	77,83	26,41
3	500	77,83	41,27
3	600	77,83	59,43
3	700	77,83	80,89
3	800	77,83	105,65
3	900	77,83	133,72
3	1000	77,83	165,08
3	1100	77,83	199,75
3	1200	77,83	237,72
3	1300	77,83	278,99
3	1400	77,83	323,57
3	1500	77,83	371,44

KESIMPULAN

Produktivitas kombinasi *ripping* dan *dozing* terhadap produktivitas *Excavator PC 2000* lebih besar dibandingkan dengan produktivitas *ripping Excavator PC 2000* saja dengan besaran nilai 658 bcm/ jam dengan 415 bcm/ jam. Rancangan peledakan akan menerapkan teknis peledakan yang diterapkan pada tambang Banko Barat Pit 2 dengan diameter bit 200 mm, burden 8 m, spasi 9 m, kedalaman 8 m, *loading density* 26,5 kg/ m. Besar isian peledakan maksimal tiap lubang ledaknya untuk jarak lokasi peledakan 500 m sebesar 41,27 kg dan isian dapat disesuaikan dengan kebutuhan tiap jarak lubang ledak dengan pemukiman. Luas area yang akan diledakkan sebesar 112,59 Ha, sedangkan luas area yang tetap akan *diripping* di area *pit limit* bagian barat dekat pemukiman warga dengan radius 500 m sebesar 134,04 Ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah mendanai hibah penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akande, J. M., Aladejare, A. dan Lawal, A. I. (2014) "Evaluation of the environmental impacts of blasting in Okorusu fluorspar mine, Namibia," *International Journal of Engineering and Technology*, 4(1), hal. 35–42.
- Baklaes, B. Y., Toha, M. T. dan Azwardi (2021) "Pengaruh aktifitas ripping-dozzing terhadap produktivitas pengupasan overburden," *Jurnal Pertambangan*, 5(1), hal. 24–32.
- Choudhary, R. P. (2015) "Optimization of load–haul–dump mining system by OEE and match factor for surface mining," *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 5(2), hal. 96–102.
- Ilahi, R. R., Ibrahim, E. dan Swardi, F. R. (2014) "Kajian teknis produktivitas alat gali-muat (excavator) dan alat angkut (dump truck) pada pengupasan tanah penutup bulan September 2013 di pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE," *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(3), hal. 1–9.
- Indonesianto, Y. (2012) *Pemindahan tanah mekanis*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan UPN Veteran.
- Juwita, W., Toha, M. T. dan Syarifuddin (2018) "Analisis metode ripping overburden dengan bulldozer ripper D 375 A-5 sebagai alat bantu excavator PC 2000 pada penambangan batubara pit TAL Barat PT Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim, Sumatera Selatan," *Jurnal Pertambangan*, 2(3), hal. 8–15.
- Komatsu Ltd. (2009) *Spesification and application handbook*. 30 ed. Komatsu.
- Noviansyah, M. R., Toha, M. T. dan Bochori (2017) "Rancangan sistem waktu tunda peledakan nonel untuk mengurangi efek getaran tanah terhadap fasilitas tambang," *Jurnal Pertambangan*, 1(3), hal. 1–10.
- Shiddiqi, M. F. dan Kasim, T. (2018) "Evaluasi kinerja dan biaya pengangkutan batubara menggunakan dump truck dan belt conveyor pada penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk.," *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), hal. 1471–1481.
- Sujiman (2018) "Evaluation of ripper productivity (Caterpillar D8R) based on strengthness of rock at PT Kitadin Embalut Site Tenggara Subdistrict Kutai Kartanegara East Kalimantan Province," *International Journal of Accounting, Finance, and Economics*, 1(1), hal. 1–9.
- Toha, M. T., Bochori, B. dan Waluyo, W. (2017) "Blasting design without subdrilling on jointed limestone to optimize fragmentation and blasting cost," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(5), hal. 1920–1926. doi: 10.18517/ijaseit.7.5.2569.
- Toha, M. T., Bochori dan Fajar, I. (2020) *Analisis kestabilan lereng pengaruh struktur geologi dan getaran tanah*. 2 ed. Palembang: Unsri Press.
- Wardhana, F., Toha, M. T. dan Juniah, R. (2020) "Analisis hasil getaran peledakan menggunakan bahan peledak emulsion untuk meningkatkan cadangan tertambang," *Jurnal Pertambangan*, 4(1), hal. 37–42.