

Kajian Teknis Produktivitas Alat Muat Shovel Komatsu Pc3000 Elektrik Dan Alat Angkut Rigid Truck Belaz 75135 Pada Pengupasan Overburden Di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan

Kresno¹, Rizki Fajli Darma Emsya¹, Waterman S.B¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia
Email korespondensi: rizkifajli121100@gmail.com;

SUMMARY

Productivity of loading and hauling equipment in the overburden removal activity in a coal mine is important because it will affect how quickly or slowly the coal seam can be excavated. A common problem that is often by coal mining companies is not achieving the productivity target of the mechanical equipment used by the company. The problem that occurs at PT Bukit Asam Tbk in Pit 3 Timur Banko Barat at this time is that the productivity target of the Rigid Truck Belaz 75135 at fleet 3004 and fleet 3007 has not been achieved for overburden removal activities with a production target of 243.750 m³/month for each mining fleet in January 2022. This study aims to assess the productivity value of the mechanical equipment used, evaluate the factors that cause the productivity target not to be achieved, and provide recommendations for improvements to these factors so that the equipment production target for each mining fleet can be achieved. The research method begins with a study of literature, field observations for primary and secondary data collection directly in the field, the data obtained are processed and analyzed so that alternative solutions to problems are obtained, as well as observing changes in the value of tool productivity after repairs to problems that occur. The results obtained are the production value of the hauling equipment on the mining fleet 3004 and 3007 has not been able to reach the company's production target. Efforts are made by widening the haul road so that there is a decrease in the cycle time of the equipment, and increasing the work efficiency of the equipment by making improvements to the obstacles that occur. The value of tool productivity on each mining fleet has increased and is able to reach the production target for January 2022 that has been set by the company. Increased production of loading equipment for fleet 3004 from 287.792 m³/month (118%) to 361.748 m³/month (148%), fleet 3006 from 389.016 m³/month (160%) to 403.813 m³/month (166%), and fleet 3007 from 397.166 m³/month (163%) to 412.230 m³/month (169%). Meanwhile, hauling equipment for the fleet 3004 from 224.465 m³/month (92%) to 280.303 m³/month (115%), fleet 3006 from 286.431 m³/month (118%) to 345.690 m³/month (142%), fleet 3007 from 228.235 m³/month (94%) to 288.257 m³/month (118%).

Keyword: Productivity, Overburden, Coal Mining

RINGKASAN

Produktivitas alat muat dan alat angkut dalam kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup pada sebuah tambang batubara merupakan hal penting karena akan mempengaruhi cepat atau lambatnya lapisan batubara yang berada di bawahnya dapat dilakukan penggalian. Permasalahan umum yang sering dihadapi oleh perusahaan tambang batubara adalah tidak tercapainya target produktivitas dari alat-alat mekanis yang digunakan oleh perusahaan. Permasalahan yang terjadi di PT Bukit Asam Tbk di Pit 3 Timur Banko Barat saat ini adalah belum tercapainya target produksi dari alat angkut Rigid Truck Belaz 75135 yang digunakan dalam kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup di fleet 3004 dan fleet 3007 dengan target produksi sebesar 243.750 m³/bulan untuk bulan Januari 2022. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji nilai produktivitas alat mekanis yang digunakan, mengevaluasi faktor-faktor yang menjadi penyebab tidak tercapainya target produktivitas, dan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap faktor-faktor tersebut sehingga nilai produksi alat untuk masing-masing *fleet* penambangan dapat tercapai. Metode penelitian yang dilakukan diawali dengan studi literatur, observasi lapangan untuk pengambilan data primer dan sekunder secara langsung di lapangan, data yang didapatkan diolah dan dianalisis sehingga didapatkan alternatif penyelesaian masalah, serta mengamati perubahan nilai produktivitas alat setelah dilakukan perbaikan terhadap masalah yang terjadi. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu nilai produksi alat angkut pada fleet penambangan 3004 dan 3007 belum dapat mencapai target produksi yang ditetapkan perusahaan sebesar 243.750 m³/bulan. Upaya yang dilakukan dengan cara membersihkan material buangan di sisi jalan angkut sehingga terjadi penurunan waktu edar alat, dan meningkatkan efisiensi kerja alat dengan melakukan perbaikan terhadap hambatan-hambatan yang terjadi. Nilai produktivitas alat pada masing-masing *fleet* penambangan mengalami peningkatan dan mampu mencapai target produksi bulan Januari 2022 yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Peningkatan produksi alat muat *fleet* 3004 dari 287.792 m³/bulan (118%) menjadi 361.748 m³/bulan (148%), *fleet* 3006 dari 389.016 m³/bulan (160%) menjadi 403.813 m³/bulan (166%), dan *fleet* 3007 dari 397.166 m³/bulan (163%) menjadi 412.230 m³/bulan (169%). Sedangkan alat angkut *fleet* 3004 dari

224.465 m³/bulan (92%) menjadi 280.303 m³/bulan (115%), *fleet* 3006 dari 286.431 m³/bulan (118%) menjadi 345.690 m³/bulan (142%), *fleet* 3007 dari 228.235 m³/bulan (94%) menjadi 288.257 m³/bulan (118%).

Kata Kunci: Produktivitas, *Overburden*, Tambang Batubara

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan komoditas sumber energi yang menjadi primadona sebagai bahan baku industri negara-negara di seluruh dunia (Yulianingrum, 2021). Pertambangan batubara penting secara global untuk pengembangan industri modern karena menyediakan sumber daya energi yang murah, pertambangan batubara memiliki peran penting dalam pembangunan dengan menghasilkan bahan-bahan baku untuk industri, penyerapan tenaga kerja, sebagai sumber devisa negara dan meningkatkan pendapatan asli daerah (Kotijah, 2012). Seiring dengan meningkatnya permintaan energi global dan tingkat elektrifikasi, batubara tetap menjadi bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan untuk produksi tenaga listrik (Harris dkk, 2020). Kebutuhan batubara untuk pembangkit listrik diperkirakan meningkat dari 90 juta ton pada saat ini menjadi 150-160 juta pada tahun 2028-2030 (Arinaldo, 2019). Adanya peningkatan permintaan batubara di pasar domestik dan internasional mendorong perusahaan tambang batubara untuk meningkatkan target produksi guna memenuhi permintaan batubara tersebut.

Dalam kegiatan pertambangan penggunaan alat tambang yang tidak optimal akan menimbulkan dampak pada target produksi yang ingin dicapai dan biaya yang dikeluarkan (Alan dkk, 2021). Sehingga diperlukan analisis untuk mencegah terjadinya hambatan dari proses operasi dengan dukungan operator dan alat mekanis yang bekerja secara optimal sehingga target produksi dapat terpenuhi.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi produksi batubara salah satunya adalah produktivitas dari alat mekanis untuk melakukan pengupasan lapisan tanah pucuk dan tanah penutup agar penggalian batubara dapat dilakukan. Produktivitas alat merupakan kemampuan kerja alat selama berproduksi yang dihitung dalam waktu satu jam dengan satuan BCM/Jam (Anisari, 2016). Sedangkan Produksi adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umumnya dinyatakan dengan volume produksi (Elizar, 2020).

PT Bukit Asam Tbk merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang pertambangan batubara di Indonesia dengan lokasi operasi penambangan yang berada di Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. PT Bukit Asam Tbk memiliki luas Izin Usaha Pertambangan (IUP) pada area kelolaan yang berlokasi di Tanjung Enim sebesar 66.414 Hektar yang meliputi Kabupaten Muara Enim dan Kabupaten Lahat Dalam melakukan kegiatan penambangan PT Bukit Asam Tbk menggunakan

sistem tambang terbuka dengan metode Open Pit di pit 3 Timur Banko Barat. Kegiatan penambangan diawali dengan pembongkaran Tanah Penutup, pemuatan tanah penutup dan pengangkutan tanah penutup. Kemudian dilanjutkan dengan pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan batubara.

Dalam kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) di Pit 3 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk menggunakan alat muat berupa Shovel Komatsu PC3000 Elektrik dan alat angkut Rigid Truck Belaz 75135 yang bertujuan untuk meningkatkan volume pengupasan tanah penutup, namun target pengupasan tanah penutup yang diinginkan oleh perusahaan sebesar 243.750 m³ untuk bulan Januari 2022 belum dapat tercapai, oleh karena itu penulis ingin mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat untuk pengupasan lapisan tanah penutup dan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap permasalahan yang terjadi sehingga target yang diinginkan oleh perusahaan dapat tercapai.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengkaji produktivitas alat muat dan alat angkut yang digunakan di lokasi penambangan pada bulan Januari 2022.
2. Mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat muat dan alat angkut.
3. Memberikan rekomendasi perbaikan terhadap faktor penghambat produksi agar produktivitas alat muat dan alat angkut dapat meningkat dan memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

1.3 Lokasi dan Kesempaian Daerah

Lokasi penambangan batubara Pit 3 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk terletak di wilayah desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Perjalanan menuju ke Desa Tanjung Enim dapat menggunakan akses jalur darat dari kota Palembang dikarenakan akses bandara terdekat adalah dari Kota Palembang, jarak dari Kota Palembang sekitar ± 200 km, jika menempuh perjalanan darat ± 5 jam. Secara astronomis IUP PT Bukit Asam Tbk terletak pada di 3°42'30"-4°12'30"LS dan 103°14'07"-103°42'10"BT. Daerah Penambangan PT Bukit Asam Tbk secara umum memiliki topografi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah hingga perbukitan rendah dengan ketinggian sekitar 30 – 300 mdpl. Secara morfologi lokasi cenderung terdiri dari terbagi atas satuan morfologi perbukitan yang bergelombang sedang dan satuan morfologi sungai dan rawa. Batas-batas lokasi

Penambangan dari IUP PT Bukit Asam Tbk sebagai berikut.

1. Utara : Kabupaten Musi Banyuasin
2. Timur : Kabupaten Ogan Komering Ilir
3. Selatan : Kabupaten Ogan Komering Ulu
4. Barat : Kabupaten Lahat



Gambar 1.1. Peta Kesampaian Daerah

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah penggabungan antara teori dengan data - data lapangan. Adapun urutan pekerjaan dalam penelitian ini yaitu:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian dengan Mencari informasi terkait dengan penelitian yang didapatkan melalui buku literatur, jurnal, serta laporan-laporan dari PT Bukit Asam Tbk.
2. Observasi Lapangan

Melakukan pengamatan lapangan untuk mengetahui potensi masalah dan kendala yang terjadi pada kegiatan penambangan.
3. Pengambilan Data
 - a. Data Primer 1) Metode Pemuatan 2) Waktu kerja efektif 3) Waktu edar alat muat dan alat angkut 4) Keadaan dan geometri jalan angkut 5) Keadaan *front* penambangan 6) Waktu hambatan kerja.
 - b. Data Sekunder 1) Data curah hujan 2) *Swell factor* 3) Data geologi daerah penelitian 4) Jumlah jam kerja 5) Spesifikasi alat muat dan alat angkut 6) Target produksi.
4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus tertentu dan kemudian disajikan dalam bentuk table, grafik,

atau rangkaian perhitungan yang kemudian akan digunakan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi.

5. Analisa Data

Analisa data akan mendapatkan hasil dari pengolahan data dari permasalahan yang ada di lapangan yang nantinya akan menjadi solusi pemecahan masalah yang diteliti.

III. HASIL PENELITIAN

3.1 Tinjauan Lokasi Penambangan

Tinjauan terhadap kondisi tempat kerja bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi tempat kerja sudah mendukung atau belum pada kegiatan pemuatan dan pengangkutan.

3.1.1 Kondisi Front Penambangan

Kegiatan pengupasan tanah penutup dilakukan dengan menggunakan alat gali muat Shovel Komatsu PC3000 Elektrik dan alat angkut yang digunakan Rigid Truck Belaz 75135, material *overburden* pada *front* penambangan merupakan material cukup keras sehingga diperlukan *blasting* (peledakan) sebelum dilakukan penggalian oleh alat-gali muat berupa *front* shovel. Secara umum kondisi *front* penambangan 3006 dan 3007 relatif lebar sekitar 30-40 m yang memudahkan belaz dalam melakukan manuver. *Front* penambangan 3004 relatif sempit sebesar 25-30 m sehingga manuver Belaz untuk kegiatan pemuatan membutuhkan waktu yang lebih lama.

3.1.2 Pola Pemuatan

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan, pola pemuatan yang digunakan yaitu pola *bottom loading*, yaitu pola pemuatan yang posisi alat muat sejajar atau terletak pada jenjang yang sama dengan alat angkut yang akan dimuati. Untuk pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan alat angkut adalah menggunakan pola *single back up*, yaitu truk kedua menunggu/antri hingga truk pertama telah selesai dimuati, setelah selesai truk pertama jalan menuju ke *disposal area* selatan, sedangkan truk kedua mempersiapkan posisi untuk kegiatan *loading* dan begitu seterusnya.

3.1.3 Geometri Jalan Angkut

Area *front* penambangan dengan *disposal area* selatan Pit 3 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk dihubungkan oleh jalan angkut dua jalur dengan panjang jalur 1,33 Km untuk *fleet* 3004, 1,04 Km untuk *fleet* 3006, 2,05 Km untuk *fleet* 3007. Geometri jalan angkut meliputi lebar jalan angkut pada jalan lurus, lebar jalan angkut pada jalan tikungan, dan kemiringan jalan angkut (Tabel 1).

Tabel 1. Geometri Jalan Angkut *fleet* 3007

Segment	elevasi	Beda Tinggi	Jarak	Kemiringan	Lebar Lurus	Lebar Tikungan
	(m)	(m)			(m)	(%)
A	46	-1	109	-0,92	30,6	-
B	45		3			
C	48	1		184	0,54	20,1
D	49		3	300		
H	52	39		477	8,18	-
I	91		5	439		1,14
J	96					

Tabel 2. Geometri Jalan Angkut *fleet* 3006

Segment	elevasi	Beda Tinggi	Jarak	Kemiringan	Lebar	
	(m)				(m)	(m)
G	46	6	107	5,61	28,4	-
H	52				39	477
I	91	5	439	1,14	-	16,91
J	96				29,3	-

Tabel 3. Geometri Jalan Angkut *fleet* 3007

Segment	elevasi	Beda Tinggi	Jarak	Kemiringan	Lebar	
	(m)				(m)	(m)
E	50	-1	132	0,76	18,4	-
F	49				3	285
H	52	39	477	8,18	-	17,75
I	91				5	439
J	96				29,3	-

3.2 Faktor Pengembangan

Besarnya nilai faktor pengembangan material didapatkan dari perbandingan antara densitas material lepas (*Loose Density*) dengan densitas material asli (*Bank Density*). Hasil penelitian yang dilakukan oleh satuan kerja eksplorasi rinci PT Bukit Asam Tbk di lapangan terhadap material tanah penutup pada *front* penambangan di Pit 3 Timur Banko Barat diperoleh nilai densitas *loose* 1,68 Ton/LCM dan densitas *bank* sebesar 2,33 Ton/BCM, sehingga memiliki nilai *swell factor* sebesar 0,72 BCM/LCM dan *percent swell* sebesar 38,7%.

3.3 Faktor Pengisian *Bucket* (*Bucket Fill Factor*)

Nilai faktor pengisian mangkuk (*Bucket fill factor*) diperoleh dengan membandingkan kapasitas *bucket* secara teoritis dengan kapasitas nyata yang dapat dimuat oleh mangkuk. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan faktor pengisian mangkuk alat muat tiap *fleet* penambangan sebagai berikut.

Tabel 4. *Bucket Fill Factor*

Alat Gali-Muat	BFF
<i>Shovel</i> Komatsu PC3004	86,0 %
<i>Shovel</i> Komatsu PC3006	108,9 %
<i>Shovel</i> Komatsu PC3007	102,7%

3.4 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar merupakan jumlah total waktu yang diperlukan oleh sebuah alat gali-muat atau alat angkut untuk menyelesaikan satu siklus kerja. Dalam satu siklus kerja alat muat terdiri dari empat tahapan kegiatan yang dilakukan yaitu, waktu penggalian material (*digging*), waktu *swing* bermuatan, waktu penumpahan material (*Loading*), dan waktu *swing* kosong. Sedangkan untuk satu siklus kerja alat angkut terdiri dari tujuh tahapan kegiatan yang dilakukan yaitu waktu antri, mengatur posisi untuk dimuati (*Positioning*), pengisian muatan, pengangkutan muatan (*hauling*), mengatur posisi untuk *dumping*, penumpahan material (*Dumping*), kembali kosong (*Traveling*). Waktu edar alat yang didapatkan dari hasil pengamatan dilapangan untuk masing-masing *fleet* penambangan sebagai berikut.

Tabel 5. *Cycle Time* Alat Muat dan Alat Angkut

Alat Mekanis	Cycle Time (Detik)	Jarak Angkut (km)
<i>Shovel</i> Komatsu PC3004	31,4	-
<i>Shovel</i> Komatsu PC3006	32,3	-
<i>Shovel</i> Komatsu PC3007	28,3	-
<i>Belaz Fleet</i> 3004	1155,6	1,33
<i>Belaz Fleet</i> 3006	998,2	1,04
<i>Belaz Fleet</i> 3007	1358,2	2,05

3.5 Efisiensi Kerja

Waktu kerja efektif merupakan waktu yang digunakan oleh alat untuk melakukan kegiatan penambangan. PT Bukit Asam Tbk membagi kegiatan penambangan menjadi dua *Shift* kerja dalam satu hari, *shift* kerja pertama pada pukul 06.00-18.00 WIB dan *shift* kerja kedua pada pukul 18.00-06.00 WIB dengan waktu istirahat pada pukul 12.00-13.00 WIB (*shift* 1) dan pukul 00.00-01.00 WIB (*shift* 2), akan tetapi waktu istirahat *shift* 1 pada hari jumat dimulai dari pukul 11.30-13.30. Sehingga didapatkan rata-rata waktu kerja tersedia setiap harinya sebesar 21,87 jam, terdapat 4 hari jumat pada bulan januari 2022 sehingga total waktu kerja tersedia pada bulan januari 678 jam. Waktu kerja efektif didapatkan dengan mengurangi waktu kerja yang tersedia dengan waktu istirahat dan jumlah waktu hambatan-hambatan yang terjadi selama kegiatan penambangan.

Waktu hambatan yang muncul terdiri dari hambatan-hambatan yang dapat dihindari dan tidak dapat dihindari. Hambatan yang dapat dihindari terdiri dari keperluan operator, terlambat bekerja pada awal *shift*, berhenti bekerja sebelum jam istirahat, terlambat bekerja setelah jam istirahat, berhenti bekerja sebelum *shift* berakhir. Sedangkan hambatan yang tidak dapat dihindari terdiri dari pemeriksaan dan pemanasan alat, berangkat ke pemuka kerja, pengisian bahan bakar, perbaikan dan perawatan alat, hambatan operasional, sholat, hujan dan *slippery*. Berikut ini merupakan tabel rata-rata waktu kerja efektif tiap hari untuk masing-masing *fleet* penambangan.

Tabel 6. Waktu Kerja Efektif Alat Muat

Jenis Hambatan	<i>Fleet</i> 3004 (Menit)	<i>Fleet</i> 3006 (Menit)	<i>Fleet</i> 3007 (Menit)
Hambatan yang tidak dapat dihindari	774,9	726,8	757,3
Hambatan yang dapat dihindari	46,3	46,5	43,4
Total Hambatan	821,3	773,3	800,7
Waktu Tersedia	1.312	1.312	1.312
Waktu Kerja Efektif	490,3	538,9	511,5

Tabel 7. Waktu Kerja Efektif Alat Angkut

Jenis Hambatan	<i>Fleet</i> 3004 (Menit)	<i>Fleet</i> 3006 (Menit)	<i>Fleet</i> 3007 (Menit)
Hambatan yang tidak dapat dihindari	706,8	660,2	687,7
Hambatan yang dapat dihindari	42	39,3	37,7
Total Hambatan	748,8	699,5	725,4
Waktu Tersedia	1.312	1.312	1.312
Waktu Kerja Efektif	562,8	612,7	586,8

Setelah mendapatkan waktu kerja efektif masing-masing alat, maka dapat mengetahui nilai efisiensi kerja dari alat muat dan alat angkut. Efisiensi kerja adalah suatu perbandingan antara waktu yang telah dipakai untuk bekerja dengan waktu total yang telah disediakan atau ditetapkan oleh perusahaan.

Tabel 8. Efisiensi Kerja Alat Muat dan Alat Angkut

No	Fleet	Jenis Alat	Efisiensi Kerja (%)
1	3004	Shovel Komatsu PC3000	37,39
2		Dump truck Belaz 75135	42,91
3	3006	Shovel Komatsu PC3000	41,07
4		Dump truck Belaz 75135	46,69
5	3007	Shovel Komatsu PC3000	38,98
6		Dump truck Belaz 75135	44,72

3.6 Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut

Kemampuan produksi dari alat gali-muat dan alat angkut dapat dihitung dari setiap kegiatan penambangan yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan terhadap waktu edar alat, kapasitas mangkuk (*bucket*) alat gali-muat, kapasitas bak (*Vessel*) alat angkut, nilai *bucket fill factor*, nilai faktor pengembangan, dan efisiensi kerja.

Kegiatan pembongkaran dan pemuatan *overburden* dilakukan dengan menggunakan alat muat *Shovel* Komatsu PC3000 Elektrik, dilanjutkan dengan kegiatan pengangkutan dengan menggunakan rigid dump truck belaz 75135 yang memiliki kapasitas angkut sebesar 110 Ton. Besarnya nilai kemampuan produksi alat muat dan alat angkut untuk masing-masing *fleet* penambangan di Pit 3 Timur Banko Barat pada bulan Januari didapatkan sebagai berikut.

Tabel 9. Produksi alat muat dan alat angkut

No.	Alat Mekanis	Produksi Alat Sebelum Perbaikan (BCM/Bulan)
1	1 Unit <i>Shovel</i> Komatsu PC3004	287.792
2	1 Unit <i>Shovel</i> Komatsu PC3006	389.016
3	1 Unit <i>Shovel</i> Komatsu PC3007	397.166
4	5 Unit Rigid Truck Belaz <i>Fleet</i> 3004	224.465
5	5 Unit Rigid Truck Belaz <i>Fleet</i> 3006	286.431
6	6 Unit Rigid Truck Belaz <i>Fleet</i> 3007	228.235

IV. PEMBAHASAN

Upaya peningkatan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut agar mencapai target yang diinginkan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang menjadi penyebab belum tercapainya target produksi *overburden*, melakukan analisis terhadap waktu kerja serta efisiensi kerja alat gali-muat dan alat angkut, dan melakukan analisis terhadap kondisi *front* dan geometri jalan angkut guna memperkecil waktu edar alat.

4.1 Analisis Faktor Penghambat Produksi

Berikut merupakan analisis dari faktor-faktor yang menjadi penghambat produksi alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan.

4.1.1 Kondisi *Front* Penambangan

Kegiatan pembongkaran *overburden* di Pit 3 Timur Banko Barat pada bulan Januari 2022 dilakukan pada tiga lokasi *front* penambangan yang berbeda, masing-

masing *front* penambangan terdapat satu *fleet* operasi pembongkaran *overburden*. Pada *front* penambangan 3007 (utara) dan 3006 (selatan) memiliki *front* kerja yang cukup luas dengan lebar sekitar 30-40 m sehingga memudahkan bagi alat angkut dalam melakukan manuver untuk persiapan loading. Namun, *front* 3004 (timur) yang memiliki luas area yang relatif sempit dengan lebar sekitar 25-30 m sehingga alat angkut yang ingin melakukan manuver sedikit terhambat dan membutuhkan waktu lebih untuk dapat memposisikan alat dengan baik sebelum dilakukan pemuatan.

Selain itu, rantai kerja *front* penambangan menjadi bergelombang dan tidak rata pada saat kondisi basah setelah hujan sehingga diperlukan Alat Pendukung Tambang (APT) seperti bulldozer yang bekerja dengan baik untuk memperbaiki rantai kerja agar alat angkut tidak mudah selip dan beroperasi dengan baik.

4.1.2 Faktor Pengisian *Bucket* (*Bucket Fill Factor*)

Nilai *Bucket Fill Factor* dari alat gali-muat *Shovel* Komatsu PC3000 yang digunakan dalam kegiatan pembongkaran dan pemuatan *overburden* dipengaruhi oleh kondisi material, jenis material yang digali, dan *Skill/keahlian* operator. Kondisi material tanah hasil *blasting* memudahkan alat muat dalam melakukan penggalian sehingga volume tanah pada *bucket* dapat terisi secara optimal dengan waktu penggalian yang lebih singkat karena material dalam keadaan lepas, sedangkan jika dilakukan secara *direct digging/* penggalian langsung dengan kondisi material dalam keadaan *in situ* akan cukup menyulitkan alat untuk mendapatkan pengisian *bucket* yang maksimum dengan waktu yang lebih lama karena material *overburden* pada lokasi penelitian cukup keras pada keadaan aslinya. Selain itu, kondisi material tanah yang kering (*dry*) memudahkan alat dalam mendapatkan volume penggalian yang optimal dibandingkan dengan kondisi material yang basah (*wet*). Faktor lain yang mempengaruhi nilai *bucket fill factor* adalah densitas material yang digali, densitas material yang tinggi menyebabkan volume penggalian dan *bucket fill factor* akan semakin kecil, semakin rendah densitas material yang digali maka volume penggalian akan meningkat dan *bucket fill factor* akan semakin besar. Material *overburden* yang digali pada *front* penambangan di Pit 3 Timur Banko Barat merupakan material dengan jenis lempung pasir (*sandy clay*) yang memiliki densitas *loose* 1,68 Ton/m³, berdasarkan spesifikasi alat muat yang digunakan bahwa jenis material dengan nilai densitas tersebut mampu didapatkan nilai *bucket fill factor* lebih dari 100%. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengambilan data di lapangan didapatkan nilai *Bucket fill factor* PC3004 dengan rata-rata curah 5 kali sebesar 86,0%, PC3006 dengan rata-rata curah 4 kali sebesar 108,9%, dan PC3007 dengan rata-rata curah 4 kali sebesar 102,7%.

4.1.3 Pola Pemuatan

Pola pemuatan pada kegiatan penggalian dan pemuatan *overburden* di Pit 3 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk menggunakan pola *bottom loading*, pola pemuatan ini sudah sesuai dengan jenis alat muat yang digunakan yaitu *front shovel*. Pola pemuatan *top loading* akan mengurangi kemampuan produksi dari alat karena maksimal kedalaman penggalian dari alat gali muat *front shovel* Komatsu PC3000 yaitu 3,3 m. Berdasarkan jumlah penempatan posisi alat angkut menggunakan teknik *single backup* atau *single spotting* teknik pemuatan ini dapat mengakibatkan waktu tunggu untuk alat muat yang lain hingga *dump truck* sebelumnya meninggalkan *area loading*.

4.1.4 Waktu Edar

Waktu edar alat akan mempengaruhi besarnya produktivitas dari suatu alat muat dan alat angkut, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi waktu edar dari alat muat antara lain tingkat kekerasan material yang digali, kondisi material, sudut putar (*swing*), dan keterampilan operator. Berdasarkan pengamatan dan pengambilan data langsung di lapangan didapatkan waktu edar rata-rata *shovel* Komatsu PC3004 sebesar 31,4 detik, waktu edar rata-rata *shovel* Komatsu PC3006 sebesar 32,3 detik, dan waktu edar rata-rata *shovel* Komatsu PC3007 sebesar 28,3 detik. Sedangkan waktu edar alat angkut dipengaruhi oleh geometri jalan angkut, kepadatan lalu lintas jalan angkut, kondisi jalan angkut (jalan bergelombang), serta alat pendukung tambang seperti *water truck* dan *grader* yang dapat menghambat perjalanan alat angkut. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengambilan data di lapangan secara langsung didapatkan waktu edar alat angkut pada *fleet* 3004 sebesar 1155,6 detik, *fleet* 3006 sebesar 998,2 detik, dan *fleet* 3007 sebesar 1358,2 detik.

4.1.5 Geometri Jalan Angkut

a. Lebar pada jalan angkut lurus

Lebar jalan angkut 2 jalur pada keadaan jalan lurus berdasarkan perhitungan secara teoritis untuk alat angkut dengan lebar 7 m didapatkan lebar minimum jalan angkut yaitu 24,5 m. Jalan angkut yang memiliki lebar sesuai dengan perhitungan teoritis berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan di lapangan terdapat pada segment A, G, dan J. Sedangkan yang belum memenuhi standar lebar minimum pada segment B, C, dan E.

b. Lebar pada jalan angkut tikungan

Berdasarkan perhitungan secara teoritis didapatkan lebar minimum untuk jalan angkut tikungan yaitu 28,7 m untuk alat angkut Rigid Truck Belaz 75135 dengan lebar alat 7 meter. Segment yang belum memenuhi standar lebar minimum jalan angkut yaitu pada segmen D, F, H, I.

c. Kemiringan jalan angkut (*grade*)

Pada tambang Pit 3 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk kemiringan rata-rata jalan angkut adalah 2,23%, kemiringan jalan angkut terkecil pada

segment C-D dengan nilai 0,54% dan kemiringan jalan angkut terbesar yaitu 8,18% pada segmen H-I. kemiringan maksimal jalan angkut yang baik berkisar antara 8%-12% sehingga berdasarkan data kemiringan jalan angkut di Pit 3 Timur banko barat pada kondisi yang baik.

4.2 Upaya Peningkatan Tercapainya Target Produksi

Upaya yang dapat dilakukan guna meningkatkan kemampuan produksi alat gali-muat dan alat angkut dengan cara memperbaiki *area front* penambangan, memperbaiki lebar jalan angkut, peningkatan efisiensi kerja alat gali-muat dan alat angkut dengan mengurangi hambatan-hambatan ada, serta peningkatan jam kerja untuk memenuhi target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

4.2.1 Penyesuaian *Area Front* Penambangan

Waktu Edar alat muat dalam operasi pembongkaran *overburden* dipengaruhi oleh kondisi material, jarak penggalian, dan sudut putar alat. Material tanah yang lepas dan lunak dari hasil peledakan akan memudahkan kegiatan penggalian yang dilakukan oleh *shovel*, jangkauan penggalian maksimum tidak lebih dari 10 m agar pengisian *bucket* dapat dilakukan secara optimal, serta tinggi material yang akan digali tidak melebihi dari 7 m atau setinggi kabin operator. Sehingga nilai pengisian *bucket* pada pengupasan *overburden fleet* 3004 dapat meningkat dari 86% menjadi 103,6%.

4.2.2 Perbaikan Lebar Jalan Angkut

Nilai Lebar jalan angkut akan mempengaruhi kecepatan kendaraan yang melalui jalan tersebut pada kegiatan *Hauling* dan *Travelling*, lebar jalan angkut yang sesuai mampu meminimalisir waktu edar yang bertambah akibat alat angkut yang berhenti karena harus menunggu alat angkut yang lain lewat terlebih dahulu. Selain itu, akibat dari alat angkut yang saling berhenti di jalan mengakibatkan *dump truck* belaz yang datang ke *front* penambangan menjadi lebih lama dan datang bersama-sama sehingga waktu tunggu alat muat dan waktu antri alat angkut menjadi meningkat. Berdasarkan perhitungan secara teoritis yang didasarkan pada *rule of thumb* yang dikemukakan oleh AASHTO didapatkan lebar minimum jalan angkut 2 jalur untuk alat angkut yang digunakan pada jalan lurus yaitu 24,5 m dan jalan tikungan yaitu 28,7 meter. Namun berdasarkan hasil pengukuran di lapangan terdapat beberapa segmen jalan yang belum memenuhi standar lebar minimum jalan angkut yaitu pada segmen B, C, D, E, F, H, I. Setelah dilakukan penyesuaian kembali lebar jalan angkut yang digunakan dengan menyingkirkan *spoil* yang berada di sisi-sisi jalan akibat pengikisan lapisan atas jalan *hauling* pada saat *slippery* diharapkan dapat memperlancar kegiatan *hauling* dan *traveling* pada saat pemindahan *overburden* sehingga menurunkan waktu *hauling*, waktu *travelling*, waktu antri, serta waktu menggantung alat muat akibat menunggu alat angkut untuk dimuati. Waktu edar

alat gali-muat dan alat angkut setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 10. Cycle Time Alat Angkut Setelah Perbaikan

Alat Angkut	Waktu Tunggu	Ta ₁ (Detik)	Ta ₂ (Detik)	Ta ₃ (Detik)	Ta ₄ (Detik)	Ta ₅ (Detik)	Ta ₆ (Detik)	Waktu Edar (Detik)	Jarak Angkut (km)
Sebelum Perbaikan									
<i>fleet</i> 3004	79,9	42,7	140,4	426,6	33,6	42,8	389,7	1155,6	1,33
<i>fleet</i> 3006	56,8	32,4	90,0	382,9	35,7	37,9	362,4	998,2	1,04
<i>fleet</i> 3007	41,3	28,6	95,3	590,6	31,4	43,3	527,7	1358,2	2,05
Setelah Perbaikan									
<i>fleet</i> 3004	0	42,7	94,2	399,0	33,6	42,8	319,2	931,4	1,33
<i>fleet</i> 3006	0	32,4	90,0	374,4	35,7	37,9	288,0	858,5	1,04
<i>fleet</i> 3007	0	28,6	95,3	492,0	31,4	43,3	410,0	1100,5	2,05

4.2.3 Perbaikan Waktu Kerja Efektif

Perbaikan waktu kerja efektif dapat dilakukan dengan meminimalisir waktu hambatan-hambatan dengan menggunakan nilai modus dibawah rata-rata waktu hambatan yang digunakan sebagai waktu hambatan setelah perbaikan. Hambatan yang dapat diminimalisir adalah hambatan yang terjadi karena operator yang kurang disiplin sehingga waktu kerja yang seharusnya digunakan untuk beroperasi tidak digunakan untuk bekerja, hambatan tersebut antara lain terlambat bekerja pada awal *shift*, istirahat lebih awal, terlambat bekerja setelah istirahat, berhenti sebelum akhir kerja, serta keperluan operator.

Keterlambatan bekerja pada awal *shift* dapat diminimalisir dengan peningkatan kedisiplinan operator untuk datang tepat waktu dan telah siap untuk pergantian operator pada saat pergantian *shift*. Hambatan waktu kerja akibat istirahat lebih dulu dapat dikurangi dengan melakukan pembagian makanan di *change shift area* pada jam istirahat, sedangkan untuk mengurangi waktu keterlambatan setelah jam istirahat dapat dilakukan dengan menginstruksikan operator untuk tidak meninggalkan *dump truck* pada saat istirahat dan makan siang, serta mengingatkan operator untuk bersiap memulai operasi saat jam istirahat akan habis, sehingga kegiatan operasi dapat berjalan sesuai jadwal.

Kehilangan waktu kerja diakhir *shift* dapat diminimalisir dengan menginstruksikan operator *dump truck* untuk mengambil ritase terakhir 15 menit sebelum waktu kerja *shift* berakhir, serta membuat kebijakan keberangkatan bus operator dari *change shift area* ke pool tambang setelah semua operator sudah lengkap, hal ini untuk menciptakan rasa tenang bagi operator agar tidak tertinggal bus ke pool tambang.

Waktu yang hilang akibat dari keperluan operator dapat diminimalisir dengan selalu mengingatkan operator untuk menyelesaikan keperluannya di jam istirahat agar tidak mengganggu jam kerja yang seharusnya digunakan untuk beroperasi.

Kebijakan yang dibuat oleh perusahaan dapat meningkatkan kedisiplinan operator sehingga mengurangi waktu hambatan yang muncul dan meningkatkan waktu kerja efektif alat. Total waktu hambatan yang dapat dihindari pada alat setelah dilakukan perbaikan dengan menggunakan nilai

modus dibawah rata-rata waktu hambatan dari masing-masing data sebagai berikut

Tabel 11. Waktu Kerja Efektif Alat Muat

Jenis Hambatan	Sebelum Perbaikan			Setelah Perbaikan		
	<i>fleet</i> 3004	<i>fleet</i> 3006	<i>fleet</i> 3007	<i>fleet</i> 3004	<i>fleet</i> 3006	<i>fleet</i> 3007
Terlambat bekerja	8,7	8,2	9,0	7,0	4,0	3,0
Waktu Istirahat Lebih Awal	9,9	10,4	8,9	2,0	7,0	4,0
Terlambat kerja setelah istirahat	5,4	4,3	4,6	4,0	3,0	4,0
Berhenti sebelum akhir kerja	16,9	18,3	15,8	7,0	9,0	8,0
Keperluan operator	5,4	5,3	5,0	5,0	3,0	5,0
Hambatan yang dapat dihindari	46,3	46,5	43,4	25,0	26,0	24,0
Hambatan yang tidak dapat dihindari	774,9	726,8	757,3	774,9	726,8	757,3
Waktu yang tersedia	1312	1312	1312	1312	1312	1312
Waktu Kerja Efektif	490,3	538,9	511,5	511,7	559,4	530,9

Tabel 12. Waktu Kerja Efektif Alat Angkut

Jenis Hambatan	Sebelum Perbaikan			Setelah Perbaikan		
	<i>fleet</i> 3004	<i>fleet</i> 3006	<i>fleet</i> 3007	<i>fleet</i> 3004	<i>fleet</i> 3006	<i>fleet</i> 3007
Terlambat bekerja	8,7	7,5	8,4	4,0	4,0	7,0
Waktu Istirahat Lebih Awal	8,6	9,0	7,9	3,0	3,0	2,0
Terlambat kerja setelah istirahat	4,1	4,9	4,0	3,0	3,0	4,0
Berhenti sebelum akhir kerja	16,0	14,2	13,5	3,0	3,0	9,0
Keperluan operator	4,6	3,6	3,9	4,0	3,0	2,0
Hambatan yang dapat dihindari	42,0	39,3	37,7	17,0	16,0	24,0
Hambatan yang tidak dapat dihindari	706,8	660,2	687,7	706,8	660,2	687,7
Waktu yang tersedia	1312	1312	1312	1312	1312	1312
Waktu Kerja Efektif	562,8	612,7	586,8	587,8	636,0	600,5

4.2.4 Peningkatan Efisiensi Kerja

Setelah dilakukan upaya peningkatan waktu kerja efektif dengan mengurangi waktu hambatan yang dapat ditekan sehingga efisiensi kerja alat muat dan alat angkut menjadi meningkat. Efisiensi kerja Alat pada tiap *fleet* penambangan setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 13. Efisiensi Kerja Alat Muat dan Alat Angkut

Jenis Alat	<i>Fleet</i>	Efisiensi Kerja Sebelum Perbaikan	Efisiensi Kerja Setelah Perbaikan
Alat Muat Shovel Komatsu PC3000	3004	37,39%	39,01%
	3006	41,07%	42,63%
	3007	38,98%	40,46%
Alat Angkut Rigid Dump Truck Belaz 75135	3004	42,91%	44,82%
	3006	46,69%	48,46%
	3007	44,72%	45,76%

4.3 Produktivitas Alat Setelah Perbaikan

Nilai produktivitas alat muat dan alat angkut yang digunakan pada kegiatan pengupasan *overburden* di Pit 3 Timur Banko Barat PT Bukit Asam Tbk di bulan Januari 2022 mengalami peningkatan setelah dilakukan perbaikan terhadap geometri jalan angkut, faktor pengisian *bucket* alat muat, waktu kerja efektif, dan efisiensi kerja. Nilai produktivitas alat muat dan alat angkut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 14. Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Setelah Perbaikan

Alat Mekanis	Produksi Alat Sebelum Perbaikan (BCM/Bulan)	Produksi Alat Setelah Perbaikan (BCM/Bulan)
1 Unit <i>Shovel</i> Komatsu PC3004	287.792	361.748
1 Unit <i>Shovel</i> Komatsu PC3006	389.016	403.813
1 Unit <i>Shovel</i> Komatsu PC3007	397.166	412.230
5 Unit Rigid Truck Belaz <i>Fleet</i> 3004	224.465	280.303
5 Unit Rigid Truck Belaz <i>Fleet</i> 3006	286.431	345.690
6 Unit Rigid Truck Belaz <i>Fleet</i> 3007	228.235	288.257

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari uraian pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Target produksi sebesar 243.750 BCM/Bulan pada bulan Januari 2022 untuk alat angkut pada *fleet* 3004 dan 3007 belum tercapai karena waktu edar yang cukup tinggi akibat penyempitan jalan angkut. Nilai produksi dari alat muat didapatkan sebesar 287.792 BCM/Bulan (*fleet* 3004), 389.016 BCM/Bulan (*fleet* 3006), 397.166 BCM/Bulan (*fleet* 3007), dan alat angkut sebesar 224.465 BCM/Bulan (5 Unit *fleet* 3004), 286.431 BCM/Bulan (5 Unit *fleet* 3006), dan 228.235 BCM/Bulan (6 Unit *fleet* 3007).
2. Target produksi yang belum tercapai dari alat muat dan alat angkut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tingginya waktu edar alat angkut akibat penyempitan jalan hauling oleh material buangan di sisi jalan, rendahnya waktu kerja efektif dan efisiensi kerja yang disebabkan oleh tingginya waktu hambatan akibat hujan dan jalan licin, serta waktu hambatan operasional.
3. Upaya peningkatan nilai produktivitas alat dilakukan dengan meningkatkan waktu kerja efektif dan efisiensi kerja alat dengan mengurangi waktu hambatan yang dapat dihindari, melakukan pelebaran kembali jalan angkut yang menyempit karena terdapat material buangan di sisi jalan untuk menurunkan waktu edar alat sehingga terjadi peningkatan produksi alat muat menjadi sebesar 361.748 BCM/Bulan (*fleet* 3004), 403.813 BCM/Bulan (*fleet* 3006), 412.230 BCM/Bulan (*fleet* 3007), dan alat angkut menjadi sebesar 280.303 BCM/Bulan (5 Unit *fleet* 3004), 345.690 BCM/Bulan (5 Unit *fleet* 3006), dan 288.257 BCM/Bulan (6 Unit *fleet* 3007). Target pembongkaran *overburden* sebesar 243.750 BCM/Bulan telah dapat tercapai.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengawas selalu mengingatkan pentingnya waktu yang ada untuk dimanfaatkan semaksimal mungkin sesuai dengan jam kerja yang tersedia.
2. Diperlukan pembersihan material buangan secara berkala agar jalan angkut tidak semakin

menyempit karena sering dilakukan pengupasan lapisan atas jalan angkut ketika jalan licin yang menyebabkan terdapat banyak material buangan di sisi jalan.

3. Untuk meningkatkan produktivitas alat diperlukan pengukuran dan perbaikan geometri jalan angkut secara berkala yang awalnya kurang dari lebar minimum menjadi 24,5 m untuk jalan lurus dan 28,7 m untuk jalan tikungan sesuai dengan syarat minimum untuk menunjang kelancaran kegiatan *hauling* dan *travelling*, sehingga waktu edar alat angkut yang dapat menurun.
4. Kondisi *front* penambangan diupayakan sesuai dengan kemampuan alat gali-muat agar dapat bekerja secara optimal dengan memperhatikan dan memastikan material yang digali merupakan material dengan fragmentasi yang baik, tinggi material tidak lebih dari tinggi bench yang dirancang dan tidak lebih tinggi dari jangkauan maksimum *bucket*.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Alan, M., Rianto, D. J., & Oktavia, M. 2021. Evaluasi Kinerja Alat Mekanis Pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup Di PT. Seluma Prima Coal Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun. *Mine Magazine*, 2(1), p.2.
- Anisari, R. 2016. Produktivitas Alat Muat Dan Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Di Pit 8 Fleet D PT. Jhonlin Baratama Jobsite Satu Kalimantan Selatan. *INTEKNA*, 16(1), p.77 - 78.
- Arinaldo, D., & Adiatma, J.C. 2019. *Dinamika Batu Bara Indonesia*. 1st ed. Jakarta, Indonesia: Institute for Essential Services Reform (IESR), p.4.
- Bargawa, W. S. 2018. *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "V" Yogyakarta.
- Burt, C., & Caccetta, L. 2014. Equipment Selection for Surface Mining. *Interfaces*, 44(2), p.143-162.
- Elizar., Harmiyati., Santoso, R. A., & Irawan, M. N. 2020. Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Konsep Value Stream Mapping Pada Pekerjaan Kolom dan Balok. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), p.32.
- Frudis, I. E., Mardiah, M., & Pitulima, J., 2018. Kajian Teknis Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Pada Pencapaian Pengupasan *Overburden* 1.120.000 BCM Di Pit Taman Tambang Air Laya Bulan September 2016 PT Bukit Asam (Persero) Tbk. *Mineral*, 3(1), p.2.
- Harris, D., Heidrich, C., & Feuerborn, J. 2020. Global aspects on coal combustion products. *VGB Powertech*, p.25

- Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. 2013. *Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition – Fundamental*: vol 1. CRC Press/Balkema: Netherland.
- Indonesianto, Y. 2014. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.
- Klanfar, M. 2021. Influence of Crushed Rock Properties on the Productivity of a Hydraulic Excavator. *Applied Sciences*, 11(5), p.6.
- Kotijah, S. 2012. Pengaturan Hukum Pengelolaan Pertambangan Batubara Secara Berkelanjutan di Kota Samarinda. *Yuridika*, 27(1), p.47-60.
- Listyawan, A. B., Sahid, M. N., Mulyono, G. S., & Fadhlullah, H. K. 2021. Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), p.8-12.
- Minarwan., & Darman, H. 2020. *Berita Sedimentologi*. Indonesian Journal of Sedimentary Geology
- Oemiati, N., Revisdah., & Rahmawati. 2020. Analisa Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*). *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 6(3), p.199.
- Satuan kerja Eksplorasi rinci. 2022. *Laporan Satuan Kerja Eksplorasi Rinci*. Tanjung Enim: PT Bukit Asam
- Satuan Kerja Hidrologi. 2022. *Laporan Satuan Kerja Hidrologi*. Tanjung Enim: PT Bukit Asam
- Satuan Kerja Swakelola 1. 2022. *Laporan Satuan Kerja Kerja Swakelola 1*. Tanjung Enim: PT Bukit Asam
- Setyawan, S., Rahmawati, D., & Atmaja, G. D. 2019. Kajian Teknis Kebutuhan Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Pada Tambang Batu Andesit PT. Ranga Eka Pratama, Kabupaten Dompu. *Jurnal Ulul Albab*, 24(1), p.15.
- Sitindaon, D., & Harahap, M. H. 2014. Pengaruh Penambahan Styrofoam Pada Pembuatan Beton Ringan Menggunakan Pasir Merah Labuhan Batu Selatan. *Jurnal Einstein*, 2(3), p.3.
- Supit, J. 2008. Geometri Jalan Angkut Tambang Pada Kp PT. Indonesia Timur Raya Nabire – Papua. *Jurnal Natural*, 6(2), p.66.
- Suwandhi, A. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang, Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Yulianingrum, A. V., Absori., & Dimiyati, K. 2021. *Kebijakan Pengelolaan Pertambangan Batu Bara Berbasis Kesejahteraan Profetik*. (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- _____. 2019. *Caterpillar Performance Handbook, Edition49*. Caterpillar Ltd.
- _____. 2013. *Komatsu Specification & Application Handbook, Edition31*. Komatsu Ltd.
- _____. 2018. *Komatsu PC3000-6 Loading Shovel*. Japan: Komatsu Ltd.
- _____. 2020. *Mine Dump Truck BELAZ-75135 of Payload Capacity 110 Tonnes*. Minsk, Republic of Belarus: Belaz Holding, pp.1-2