

**Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat Dan Alat Angkut
Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Di Pit Blok 4
Pt Inti Bara Perdana, Kabupaten Bengkulu Tengah,
Provinsi Bengkulu**

Sabrina^{1a}, Ketut Gunawan¹, Barlian Dwinagara¹, Inmarlinianto¹, Kristanto Jiwo Saputro¹
¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia
^aemail: saberinau@gmail.com

ABSTRACT

PT Inti Bara Perdana (PT IBP) is one of the coal mining companies located in Taba Penanjung District, Bengkulu Tengah Regency, Bengkulu Province. This study aims to evaluate the production value of mechanical equipment used in the overburden stripping at Pit Block 4 of PT IBP's coal mine. The production target of 766,800 cubic meters per month, set in January 2023, was not achieved by three Caterpillar 395 excavator units, which are the company's largest units. The research methodology employed includes literature review, collection of primary and secondary data through field observations, and data processing and analysis to identify solutions to the existing problems. The research findings indicate that the production value of the loading equipment and haulage equipment in the overburden stripping only reached 70% and 69% of the set targets, respectively. To improve the equipment's production, several improvement efforts were implemented. Firstly, front mining improvements were carried out, along with the application of the double back-up loading method. Additionally, the amount of load capacity was increased for the haulage equipment in Fleet 2 and Fleet 3. Furthermore, the width of the haulage road was improved to enhance the equipment's travel time, and a rimpull simulation was employed to obtain new travel time values. After the implementation of these improvement efforts, the theoretical production results showed an increase. The production value of the loading equipment reached 767.741,20 BCM/month, while the haulage equipment achieved 775.106,35 BCM/month. The percentage of production achievement after the improvements reached 101% and 100% of the set production targets, respectively. This study provides recommendations for improvement regarding the factors that hindered the achievement of the production targets. The research outcomes can be utilized by PT IBP to enhance the equipment's production value in each mining fleet, achieve the set production targets, and overcome the encountered issues.

Keywords: Mechanical equipment production, production targets, rimpull simulation.

ABSTRAK

PT Inti Bara Perdana (PT IBP) merupakan salah satu perusahaan pertambangan dengan komoditas batubara yang berada di Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai produksi alat mekanis yang digunakan dalam pengupasan lapisan tanah penutup di tambang batubara Pit Blok 4 PT IBP. Target produksi sebesar 766.800 BCM/bulan yang ditetapkan pada bulan Januari 2023 tidak tercapai pada tiga unit excavator Caterpillar 395, yang merupakan unit terbesar perusahaan. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, pengambilan data primer dan sekunder melalui observasi lapangan, serta pengolahan dan analisis data untuk menemukan solusi terhadap masalah yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai produksi alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan *overburden* hanya mencapai 70% dan 69% dari target yang ditetapkan. Untuk meningkatkan produksi alat, dilakukan beberapa upaya perbaikan. Pertama, dilakukan perbaikan front penambangan dan menerapkan metode pemuatan *double back-up loading*. Selain itu, dilakukan penambahan jumlah curah pemuatan alat angkut pada *fleet* 2 dan *fleet* 3. Selanjutnya, dilakukan perbaikan lebar jalan angkut untuk meningkatkan waktu edar alat angkut, serta menggunakan simulasi *rimpull* untuk memperoleh nilai *travel time* baru. Setelah implementasi upaya perbaikan tersebut, hasil produksi secara teoritis mengalami peningkatan. Nilai produksi alat gali muat meningkat menjadi 767.741,20 BCM/bulan, sementara nilai produksi alat angkut meningkat menjadi 775.106,35 BCM/bulan. Persentase pencapaian produksi setelah perbaikan mencapai 101% dan 100% dari target produksi yang ditetapkan. Penelitian ini memberikan rekomendasi perbaikan terhadap faktor-faktor yang menyebabkan ketidakcapaian target produksi. Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh PT IBP untuk meningkatkan nilai produksi alat pada setiap *fleet* penambangan, mencapai target produksi yang ditetapkan, dan mengatasi masalah yang dihadapi.

Kata kunci: Produksi alat mekanis, target produksi, simulasi *rimpull*

I. PENDAHULUAN

Penambangan batubara merupakan kegiatan penting dalam sektor pertambangan yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan seperti PT Inti Bara Perdana (PT IBP). PT IBP adalah perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di wilayah Desa Bajak, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. Perusahaan ini memiliki izin usaha pertambangan yang mencakup kawasan bukan hutan dan kawasan hutan produksi.

Dalam kegiatan penambangan batubara, pengupasan lapisan tanah penutup atau *overburden* memainkan peran yang sangat penting. PT IBP menggunakan alat gali muat Caterpillar 395 dan alat angkut Caterpillar 773E dan 775F dalam kegiatan pengupasan *overburden*. Target produksi yang ditetapkan perusahaan untuk pengupasan *overburden* pada bulan Januari 2023 adalah sebesar 766.800 BCM (*Bank Cubic Meters*) untuk tiga *fleet* penambangan.

Namun, hasil produksi yang telah dicapai pada bulan yang sama ternyata belum mencapai target yang ditetapkan. Data produksi aktual menunjukkan bahwa alat gali muat hanya mencapai 70% dari target, sedangkan alat angkut hanya mencapai 69% dari target produksi yang ditetapkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi yang mendalam untuk mengevaluasi dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi alat gali muat dan alat angkut serta memberikan rekomendasi perbaikan guna mencapai target produksi yang telah ditetapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan produksi dari alat gali muat dan alat angkut yang digunakan dalam kegiatan pengupasan *overburden* pada bulan Januari 2023. Selain itu, faktor-faktor yang menghambat pencapaian target produksi juga akan dianalisis secara mendalam. Dengan pemahaman yang komprehensif terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produksi, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang efektif untuk meningkatkan pencapaian produksi alat gali muat dan alat angkut serta memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Penelitian ini memiliki batasan masalah yang mencakup fokus pada kegiatan pengupasan *overburden* yang dilakukan oleh alat gali muat excavator Caterpillar 395 dan alat angkut Caterpillar 773E dan 775F. Penelitian tidak mempertimbangkan daya dukung dan kepadatan lalu lintas jalan angkut serta asumsi bahwa kinerja alat dan operator adalah sama. Selain itu, penelitian ini tidak mempertimbangkan aspek ekonomi dalam mencapai target produksi. Dengan memperhatikan batasan-batasan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berharga dalam

meningkatkan efisiensi dan produktivitas kegiatan pengupasan *overburden* di PT Inti Bara Perdana.

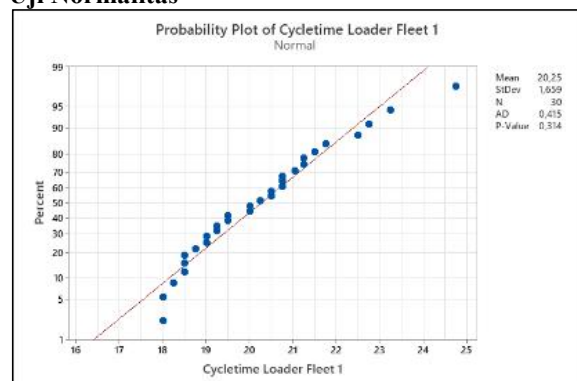
II. METODE

Dalam penyelesaian permasalahan penelitian ini, tahap-tahap yang dilakukan mencakup studi literatur, pengamatan di lapangan, pengambilan, pengolahan dan analisis data. Studi literatur dilakukan dengan memahami teori yang mendasari materi penelitian. Studi literatur berguna untuk mengolah data yang diperoleh dan juga dibandingkan dengan peraturan standar yang berlaku.

Pengambilan data meliputi data primer dan sekunder. Data primer mencakup waktu edar alat gali muat Caterpillar 395; waktu edar alat angkut Caterpillar 773E dan 775F; *bucket fill factor*; kondisi dan geometri front pemuatan; kondisi dan geometri jalan angkut; pola pemuatan. Disamping itu, data sekunder yang diambil mencakup peta lokasi PT Inti Bara Perdana; data curah hujan daerah penelitian; data geologi daerah penelitian; spesifikasi alat gali muat Caterpillar 395; spesifikasi alat angkut Caterpillar 773E dan 775F; nilai *swell factor*; catatan dan laporan produksi bulan Januari 2023. Data waktu edar, efisiensi kerja, *swell factor*, *bucket fill factor*, dan spesifikasi alat dapat digunakan untuk mengetahui tingkat produksi alat mekanis. Data kondisi *front* penambangan, kondisi geometri jalan angkut, dan kondisi disposal untuk melakukan evaluasi faktor yang mempengaruhi produksi alat gali muat dan alat angkut.

Hasil pengolahan data berupa data hasil produksi alat mekanis kemudian dianalisis untuk dapat mengetahui faktor-faktor pengaruh produksi alat mekanis. Faktor-faktor tersebut akan menjadi dasar penentu upaya dan alternatif solusi sehingga produksi alat mekanis dapat tercapai secara optimal dan memenuhi target produksi.

Uji Normalitas



Gambar 1 Uji Normalitas Waktu Edar Alat Gali Muat *Fleet 1*

Uji normalitas dilakukan menggunakan *software* Minitab 20 dengan penggambaran data pada grafik. Adapun hasil analisis diperoleh bahwa data *cycle time* yang telah dikumpulkan sudah memenuhi kriteria p-

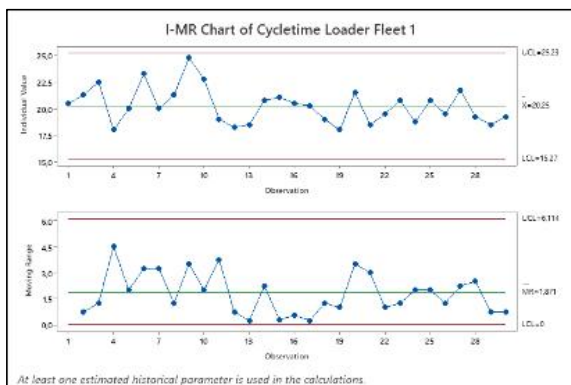
value lebih dari 0,05 sehingga data tersebut dapat mewakili populasi *cycle time* yang ada karena hipotesis nol diterima dan data memiliki kecenderungan untuk terdistribusi secara normal (lihat gambar 1 dan tabel 1).

Tabel 1 Hasil Uji Normalitas Waktu Edar Alat Mekanis

Alat Mekanis	Mean	Standar Deviasi	p-value	Kriteria
Alat gali muat <i>Fleet</i> 1	20,25	1,659	0,314	Memenuhi
Alat gali muat <i>Fleet</i> 2	21,43	1,644	0,254	Memenuhi
Alat gali muat <i>Fleet</i> 3	26,51	2,610	0,199	Memenuhi
Alat angkut <i>Fleet</i> 1	730,7	86,18	0,084	Memenuhi
Alat angkut <i>Fleet</i> 2	706,6	83,32	0,215	Memenuhi
Alat angkut <i>Fleet</i> 3	863,8	81,44	0,067	Memenuhi

Uji Keseragaman

Uji homogenitas dianalisis melalui grafik I-MR (*Individual-Moving Range*), dimana grafik ini digunakan untuk memeriksa apakah variasi dari beberapa kelompok data seragam atau tidak. Grafik ini akan menyatakan data di area yang dibatasi oleh garis batas atas dan batas bawah, sehingga data yang melewati batas dideskripsikan sebagai pencilan data dan dapat mempengaruhi hasil perhitungan sehingga harus di eliminasi (lihat gambar 2).



Gambar 2 Uji Keseragamana

Uji Kecukupan Data

Tabel 2 Hasil Uji Kecukupan Data Waktu Edar Alat Mekanis

Data Waktu Edar	Σx	$(\Sigma x)^2$	$\Sigma(x^2)$	N	N'	Kategori	Keterangan
Alat gali muat <i>Fleet</i> 1	608,6	370.333,1	12.434,2	30	11,6	N' < N	Cukup
Alat gali muat <i>Fleet</i> 2	642,9	413.320,4	13.855,7	30	9,1	N' < N	Cukup
Alat gali muat <i>Fleet</i> 3	795,4	632.661,2	21.286,3	30	15,0	N' < N	Cukup
Alat angkut <i>Fleet</i> 1	21.920	480.486.400	16.231.604	30	21,5	N' < N	Cukup
Alat angkut <i>Fleet</i> 2	20.919	437.604.561	14.742.689	30	17,1	N' < N	Cukup
Alat angkut <i>Fleet</i> 3	25.913	671.483.569	22.575.133	30	13,7	N' < N	Cukup

Berdasarkan pengambilan data lapangan yang berjumlah 30 data dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian atau tingkat *error* sebesar 5% maka dilakukan perhitungan sehingga memperoleh hasil N'. Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa

sampel data yang diambil telah mencukupi untuk dijadikan wakil dari populasi data.

III. HASIL PEMBAHASAN

PT IBP merupakan perusahaan dengan komoditas batubara yang kegiatan penambangannya dilakukan secara mandiri meliputi kegiatan pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan batubara dan material tanah penutup (*overburden*). Sistem penambangan yang digunakan adalah sistem tambang terbuka dengan metode *open pit*. kemajuan tambang akan membentuk lubang meju ke arah elevasi yang lebih rendah menyesuaikan bentuk dan kemiringan lapisan batubara.

Kondisi Front Penambangan

Tinjauan kondisi *front* penambangan menunjukkan bahwa lebar *front* penambangan pada setiap *fleet* tidak memenuhi lebar minimum sesuai dengan spesifikasi alat angkut, sebagaimana tercantum dalam tabel 3.

Tabel 3 Kondisi Lebar dan Tinggi *Front* penambangan

Fleet No.	Lebar Front		Keterangan	Tinggi Front		Keterangan
	Aktual	Minimum		Aktual	Minimum	
1	18,1 m	25,69 m	Tidak Memenuhi	2,57 m	3,773 m	Tidak Memenuhi
2	13,7 m	25,69 m	Tidak Memenuhi	4,70 m	3,773 m	Memenuhi
3	11,95 m	26,82 m	Tidak Memenuhi	3,34 m	3,946 m	Tidak Memenuhi

Pola Pemuatan

Posisi alat angkut ditempatkan dengan menggunakan teknik *single back up*, dimana setiap alat gali muat hanya melayani satu alat angkut hingga *loading* penuh. Di *front* penambangan pit Blok 4, setiap *fleet* menggunakan pola pemuatan *top loading* (lihat gambar3).



Gambar 3 Pola Pemuatan pada (a) *Fleet* 1, (b) *Fleet* 2, (c) *Fleet* 3

Swell factor

Lokasi penelitian memiliki formasi batuan kompleks yang terdiri dari jenis material *free digging* hingga *ripping* seperti *sandstone*, *claystone*, dan *siltstone*. Terdapat juga material *blasting* berupa intrusi batu andesit dengan penyebaran acak. Faktor pengembangan material didapatkan dari perbandingan nilai *bank density* dan *loose density* yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil *Swell Factor*

<i>Fleet No.</i>	Jenis Material	<i>Bank Density</i> (Ton/m ³)	<i>Loose Density</i> (Ton/m ³)	<i>Swell Factor</i>
1	Sandstone	2,34	2,01	0,86
2	Claystone	2,33	1,72	0,74
3	Andesit	2,64	1,85	0,70

Faktor Pengisian Mangkok

Faktor pengisian mangkuk atau *bucket fill factor* adalah rasio dalam persen antara volume aktual dengan volume teoritis yang dapat digali oleh alat gali muat. Berdasarkan hasil pengambilan data di lapangan diperoleh nilai *bucket fill factor* yang berbeda-beda tergantung dari jenis dan densitas material pada setiap *fleet*. Nilai faktor pengisian mangkuk dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Hasil Faktor Pengisian Mangkuk

<i>Fleet No.</i>	Jumlah Curah	<i>Bucket Fill Factor</i> (%)
1	4	102,7
2	4	107,9
3	5	93,1

Jumlah Muatan

Jumlah muatan merupakan total dari massa (dalam ton) yang berhasil di bawa oleh alat angkut dan berasal dari curah alat gali muat.

Tabel 6 Hasil Jumlah Muatan Alat Angkut

<i>Fleet No.</i>	Jumlah Curah	Muatan Alat Angkut (ton)	Kapasitas Alat Angkut (ton)
1	4	57,9	60
2	4	52,1	60
3	5	60,2	70

Geometri Jalan

Penelitian yang dilaksanakan pada *fleet 1*, *fleet 2*, dan *fleet 3* dengan masing masing jarak yang ditempuh untuk pengangkutan yaitu 881,51 m, 831,41 m dan 968,15 m. Ketiga *fleet* ini menggunakan satu jalur utama untuk menuju ke disposal. Jalan yang dipakai tersusun dari material timbunan *overburden* dan menerapkan sistem 2 jalur pengangkutan.

Berdasarkan spesifikasi alat angkut terbesar, nilai lebar jalan angkut minimum yang diperlukan adalah 19 meter dan 23 meter pada jalan lurus dan tikungan. Lebar jalan setiap segmen dapat dilihat pada tabel 5. Hasil pengamatan kemiringan jalan di lapangan menunjukkan bahwa terdapat segmen G-H yang memiliki nilai *grade* tertinggi yaitu sebesar 11,8% sehingga semua segmen telah memenuhi batas kemiringan 12% (Kepmen 1827K/MEM/2018). Sedangkan untuk nilai *superelevasi* diperoleh nilai minimum yang harus diterapkan yaitu sebesar 4% sehingga belum ada segmen yang memenuhi (**tabel 8**).

Tabel 7 Lebar dan Panjang Jalan Angkut

Segmen	Lebar (m)	Panjang (m)	Jenis Jalan	Keterangan
A-B	11	48,21	Tikungan	Tidak Memenuhi
B-C	11	82,47	Lurus	Tidak Memenuhi
C-D	18	48,06	Tikungan	Tidak Memenuhi
D-E	19	45,17	Lurus	Memenuhi
E-F	11	35,15	Tikungan	Tidak Memenuhi
F-G	26	30,03	Tikungan	Memenuhi
G-H	26	75,84	Lurus	Memenuhi
H-I	14	87,42	Tikungan	Tidak Memenuhi
I-J	19	145,26	Tikungan	Tidak Memenuhi
J-K	21	200,03	Tikungan	Tidak Memenuhi
K-L	25	116,93	Tikungan	Memenuhi
L-M	16	53,60	Lurus	Tidak Memenuhi
P-Q	17	51,67	Lurus	Tidak Memenuhi
Q-E	16	85,59	Tikungan	Tidak Memenuhi
O-N	12	61,29	Lurus	Tidak Memenuhi
N-G	18	91,05	Tikungan	Tidak Memenuhi

Tabel 8 Geometri Jalan Angkut

Segmen	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Jarak Datar (m)	Grade (%)	Superelevasi (%)	Radius Tikungan (m)
A-B	259,53	259,66	48,21	0,27	3,34	284,18
B-C	259,66	256,00	82,39	-4,44	-	-
C-D	256,00	256,64	48,05	1,33	0,96	265,74
D-E	256,64	256,00	45,17	-1,41	-	-
E-F	256,00	257,02	35,13	2,91	0,15	265,69
F-G	257,02	259,23	29,95	7,37	0,06	262,32
G-H	259,23	270,75	74,96	11,8	-	-
H-I	270,75	274,83	87,33	4,68	0,05	142,21
I-J	274,833	279,69	145,17	3,35	3,13	325,01
J-K	279,69	293,23	199,57	6,78	1,59	362,93
K-L	293,229	298,57	116,81	4,57	3,51	330,70
L-M	298,565	296,00	53,54	-4,79	-	-
P-Q	260,00	257,44	51,607	-4,95	-	-
Q-E	257,44	256,00	85,58	-1,69	1,30	328,01
O-N	258,00	258,00	61,29	0,00	-	-
N-G	258,00	259,23	91,04	1,35	0,21	572,42

Waktu Edar

Pengamatan *cycle time* alat angkut dimulai dari waktu menggali (*digging*), waktu ayun muatan (*swing*), waktu tumpah material (*loading*), dan waktu ayun kosong (*swing*). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh data sebagai berikut pada **Tabel 9**.

Tabel 9 Waktu Edar Alat Gali Muat

<i>Fleet No.</i>	Ta1	Ta2	Ta3	Ta4	Gantung	Waktu Edar	Curah
	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	
1	7,4	4,3	3,6	4,9	25,1	20,3	4
2	8,5	4,1	4,0	4,9	22,1	21,4	4
3	11,1	5,7	4,4	5,3	16,2	26,5	5

Waktu edar alat angkut adalah periode waktu yang diperlukan untuk mengangkut material tanah penutup dari area *front* penambangan menuju ke *dumping* area atau disposal. Berikut pada **tabel 10** merupakan data hasil perhitungan waktu edar alat angkut.

Tabel 10 Waktu Edar Alat Angkut

<i>Fleet No.</i>	Ta1	Ta2	Ta3	Ta4	Ta5	Ta6	Waktu Edar
	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)
1	31,5	68,2	274,5	36,7	52,3	267,4	730,7
2	49,3	72,1	267,5	36,7	46,4	225,3	697,3
3	35,7	124,2	316,7	38,0	46,2	303,0	863,8

Waktu Kerja Efektif

PT IBP menggunakan sistem kerja dua *shift* dengan waktu kerja tersedia sebanyak 568 jam atau 18,32 jam per hari setelah dikurangi hari libur dan Jumat di bulan Januari 2023. Waktu kerja efektif dipengaruhi oleh dua hambatan kerja, yaitu hambatan yang dapat di tekan dan hambatan yang tidak dapat ditekan. Hambatan kerja alat gali muat dan alat angkut dirincikan pada tabel 11 dan tabel 12.

Tabel 11 Waktu Kerja Efektif Alat Gali Muat

No	Hambatan Kerja Alat Gali Muat	Fleet 1 (Menit)	Fleet 2 (Menit)	Fleet 3 (Menit)
1	Hambatan yang dapat ditekan			
	Istirahat lebih awal	14,6	15,0	14,1
	Terlambat memulai kerja	8,4	7,6	7,5
	Berhenti sebelum <i>shift</i> berakhir	13,4	12,1	12,2
	keperluan operator	8,3	8,5	8,5
	<i>No truck</i>	14,8	5,0	19,8
	<i>Shift Change</i>	28,5	31,0	28,8
2	Hambatan yang tidak dapat ditekan			
	Hambatan Operasional	18,7	19,6	16,9
	P2H	10,0	10,0	10,0
	<i>Praying</i>	15,0	15,0	15,0
	<i>Refueling</i>	5,0	5,0	5,0
	<i>Rain</i>	62,8	64,8	63,5
	<i>Slippery</i>	18,9	19,5	19,1
	<i>Safety Talk</i>	3,0	3,0	3,0
	<i>Breakdown</i>	2,0	2,0	2,0
	Pulang lebih awal (Hujan)	105,0	105,0	105,0
	Total Hambatan Kerja	328,5	323,2	330,4
	Waktu Tersedia/Hari	1099,4	1099,4	1099,4
	Waktu Kerja Efektif	70,1%	70,6%	69,9%

Tabel 12 Waktu Kerja Efektif Alat Angkut

No	Hambatan Kerja Alat Angkut	Fleet 1 (Menit)	Fleet 2 (Menit)	Fleet 3 (Menit)
1	Hambatan yang dapat ditekan			
	Istirahat lebih awal	14,0	14,7	15,3
	Terlambat memulai kerja	7,3	7,1	7,5
	Berhenti sebelum <i>shift</i> berakhir	13,5	14,0	13,9
	keperluan operator	7,6	7,2	7,8
	<i>No Operator</i>	10,0	12,0	5,0
	<i>Shift Change</i>	26,0	28,0	27,5
2	Hambatan yang tidak dapat ditekan			
	Hambatan Operasional	22,3	13,2	11,7
	P2H	10,0	10,0	10,0
	<i>Praying</i>	15,0	15,0	15,0
	<i>Refueling</i>	10,0	10,0	10,0
	<i>Rain</i>	62,8	64,8	57,9
	<i>Slippery</i>	19,5	21,0	25,8
	<i>Safety Talk</i>	3,0	3,0	3,0
	<i>Breakdown</i>	10,0	10,0	10,0
	Pulang lebih awal (Hujan)	105,0	105,0	105,0
	Total Hambatan Kerja	336,1	335,1	325,4
Waktu Tersedia/Hari	1099,4	1099,4	1099,4	
Waktu Kerja Efektif	69,4%	69,5%	70,4%	

Efisiensi kerja merupakan persentase dari waktu kerja efektif dibandingkan dengan waktu kerja yang tersedia selama satu hari dan dipengaruhi oleh adanya hambatan-hambatan kerja yang terjadi. Persentase efisiensi kerja alat mekanis pada setiap fleet dapat dilihat pada tabel 11. Efisiensi kerja yang ada di PT IBP berada di angka 69,4% hingga 70,6% dan termasuk kedalam kategori kurang baik.

Tabel 13 Persentase Efisiensi Kerja

Efisiensi Kerja	Fleet 1	Fleet 2	Fleet 3
Alat gali muat	70,1%	70,6%	69,9%
Alat angkut	69,4%	69,5%	70,4%

Kemampuan produksi total untuk ketiga *fleet* untuk alat gali muat excavator Caterpillar 395 yaitu sebesar 533.483,67 BCM/bulan dengan persentase ketercapaian 70%. Selanjutnya produksi total untuk alat angkut OHT Caterpillar 773E dan 775F dengan jumlah 12 unit yaitu sebesar 526.579,14 BCM/Bulan dengan persentase ketercapaian 69%. Berdasarkan

data pada tabel 15 maka dapat diketahui bahwa target produksi sebesar 766800 BCM/bulan tidak tercapai.

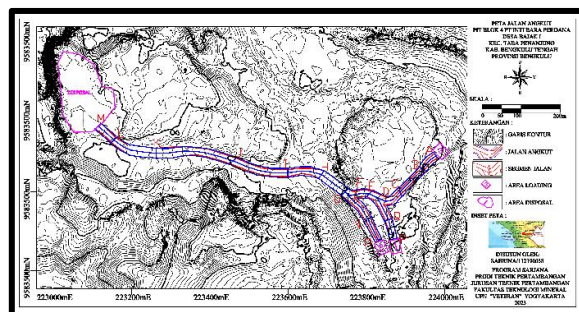
Tabel 14 Kemampuan Produksi Aktual Bulan Januari 2023

Fleet No.	Alat Gali Muat (BCM/Bulan)	Alat Angkut (BCM/Bulan)
1	195.398,37	192.177,02
2	185.382,48	182.321,91
3	152.702,82	152.080,21
Total	533.483,66	526.579,14

Upaya Perbaikan

Perbaikan *front* kerja dapat dilakukan dengan mempersiapkan *front* loading dengan lebar minimum yaitu 25,7 m dan tinggi minimum 3,7 m untuk alat angkut OHT Cat 773E. Selanjutnya lebar minimum 26,8 m dan tinggi minimum 3,9 m untuk alat angkut OHT Cat 775F. Adapun solusi untuk masalah teknis pemuatan adalah menerapkan teknik *double back up loading*.

Berdasarkan perhitungan lebar minimum jalan angkut dengan 2 jalur diperoleh lebar jalan angkut pada jalan lurus yaitu 19 m dan pada jalan tikungan yaitu 23 m. Lebar jalan tambang dapat mempengaruhi kecepatan alat berat yang digunakan untuk mengangkut material di tambang. Selain itu, lebar jalan yang cukup dapat memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman dan stabil, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengemudi dan penumpang di alat berat tersebut.



Gambar 4 Peta Perbaikan Lebar Jalan Angkut

Penambahan jumlah curah alat angkut tetap harus memperhatikan batas bahwa jumlah muatan tidak boleh melebihi batas target muatan yaitu 90% - 110%. Perbaikan penambahan curah yang dilakukan pada *fleet 2* yaitu menjadi sebesar 109% dan pada *fleet 3* sebesar 103% sehingga masih memenuhi batas yang telah ditetapkan dan dapat diterapkan.

Tabel 15 Persentase Muatan Penambahan Jumlah Curah

Fleet No.	Sebelum			Setelah		
	Jumlah Muatan (ton)	Jumlah Curah (n)	Persentase Muatan (%)	Jumlah Muatan (ton)	Jumlah Curah (n)	Persentase Muatan (%)
1	57,9	4	96	57,9	4	96
2	52,7	4	87	65,1	5	109
3	60,2	5	86	72,3	6	103

Perbaikan Waktu Edar Menggunakan Simulasi Rimpull

Perbaikan waktu edar alat angkut dengan simulasi *rimpull* dilakukan dengan menghitung nilai kebutuhan *rimpull* untuk *total resistance*. Kebutuhan *rimpull* tersebut terdiri dari dua aspek utama yaitu dari penjumlahan *rimpull* untuk *grade resistance* dan *rimpull* untuk *rolling resistance*.

Selanjutnya nilai *rimpull* untuk *total resistance* akan dibandingkan dengan kekuatan tarik (*rimpull*) dari alat angkut yang dapat dilihat dari kekuatan pada setiap *gear* atau gigi yang tercantum di spesifikasi alat. Dari pemilihan gear tersebut kemudian diperoleh nilai kecepatan maksimal yang dapat dicapai alat untuk selanjutnya dilakukan perhitungan waktu *travel* dari hubungan jarak dan kecepatan.

Hasil simulasi *rimpull* pada setiap *fleet* dapat dilihat pada tabel 17,18 dan 19. Selain itu, perbaikan penambahan jumlah curah juga akan berpengaruh pada penambahan waktu pengisian atau *loading* muatan (Ta2). Waktu edar alat angkut setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 20. Setelah dilakukan perbaikan, pada semua *fleet* menunjukkan peningkatan nilai *match factor*. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa operasi penambangan menjadi lebih efisien dan produktif, karena alat gali muat dan alat angkut dapat bekerja lebih baik bersama-sama. Hasil nilai *match factor* dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 16 Simulasi Rimpull Fleet 1

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Truk Muatan					Truk Kosoongan						
		RP RRR (lb)	RP GR (lb)	RP TR (lb)	Geor	Kec Max (km/jam)	Waktu (s)	RP RRR (lb)	RP GR (lb)	RP TR (lb)	Geor	Kec Max (km/jam)	Waktu (s)
P-Q	51,7	25849	-10207	15642	2	13,9	13,4	6277	4261	10538	4	25,2	7,4
Q-E	85,6	21524	-1473	18050	3	18,8	16,4	2666	1450	4116	5	34,1	9,0
E-F	35,1	28012	6004	34016	1	9,9	12,8	5374	-2507	2868	5	34,1	3,7
F-G	30,0	17398	12189	29587	1	9,9	10,9	3569	-6241	-2773	5	34,1	2,2
G-H	75,8	8548	31648	40196	1	9,9	27,6	2666	-13212	-10547	5	34,1	8,0
H-I	87,4	10711	9637	20347	2	13,9	22,6	3569	-4023	-454	5	34,1	9,2
I-J	145,3	19361	6892	26253	2	13,9	37,6	4471	-2877	1594	5	34,1	15,3
J-K	200,0	21524	13975	35499	2	13,9	51,8	5374	-5834	-460	4	25,2	20,6
K-L	116,9	10711	9411	20121	2	13,9	30,3	2666	-3929	-1263	3	18,8	22,4
L-M	53,6	10711	-9869	841	5	34,1	5,7	3569	4120	7689	2	13,9	13,9
Total								229,1					120,7

Tabel 17 Simulasi Rimpull Fleet 2

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Truk Muatan					Truk Kosoongan						
		RP RRR (lb)	RP GR (lb)	RP TR (lb)	Geor	Kec Max (km/jam)	Waktu (s)	RP RRR (lb)	RP GR (lb)	RP TR (lb)	Geor	Kec Max (km/jam)	Waktu (s)
O-N	61,3	12873	0	12873	2	13,9	15,9	5374	0	5374	5	34,1	6,5
N-G	91,1	21524	2788	24311	2	13,9	25,6	8986	-1164	7822	5	34,1	9,6
G-H	75,8	8548	31648	40196	1	9,9	27,6	3569	-13212	-9644	5	34,1	8,0
H-I	87,4	10711	9637	20347	2	13,9	22,6	4471	-4023	448	5	34,1	9,2
I-J	145,3	19361	6892	26253	2	13,9	37,6	8083	-2877	5206	5	34,1	15,3
J-K	200,0	21524	13975	35499	1	9,9	72,7	8986	-5834	3151	4	25,2	28,6
K-L	116,9	10711	9411	20121	2	13,9	30,3	4471	-2029	543	3	18,8	22,4
L-M	53,6	10711	-9869	841	5	34,1	5,7	4471	4120	8592	2	13,9	13,9
Total								236,0					115,5

Tabel 18 Simulasi Rimpull Fleet 3

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Truk Muatan					Truk Kosoongan						
		RP RRR (lb)	RP GR (lb)	RP TR (lb)	Geor	Kec Max (km/jam)	Waktu (s)	RP RRR (lb)	RP GR (lb)	RP TR (lb)	Geor	Kec Max (km/jam)	Waktu (s)
A-B	48,2	31275	611	31886	1	10,8	16,1	5624	-239	5385	5	37	4,7
B-C	82,5	36104	-10220	25884	2	15	19,8	8459	3999	12458	4	27,3	10,9
C-D	48,1	26446	3049	29495	1	10,8	16,0	6569	-1193	5376	5	37	4,7
D-E	45,2	38519	-2444	35275	1	10,8	15,1	9404	1369	10673	5	37	4,4
E-F	35,1	31275	6703	37978	1	10,8	11,7	5624	-5623	3061	5	37	3,4
F-G	30,0	18202	16959	35161	1	10,8	10,0	3735	-6636	-2902	5	37	2,9
G-H	75,8	9544	33336	44879	1	10,8	25,3	2790	-13827	-11037	5	37	7,4
H-I	87,4	11958	10759	22718	2	15	21,0	3735	-4210	478	4	27,3	11,5
I-J	145,3	21617	7995	29612	1	10,8	48,4	4679	-3011	1668	4	27,3	19,2
J-K	200,0	24031	15604	39635	1	10,8	66,7	5624	-6106	-482	4	27,3	26,4
K-L	116,9	11958	10759	22465	2	15	28,1	2790	-4111	-1322	3	20,3	20,7
L-M	53,6	11958	-11019	939	5	37	5,2	3735	4312	8046	2	15	13,9
Total								283,5					129,0

Tabel 19 Waktu Edar Alat Angkut Setelah Perbaikan

Fleet No.	Perbaikan	Ta ₁	Ta ₂	Ta ₃	Ta ₄	Ta ₅	Ta ₆	Waktu Edar (Detik)
		(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	
1	Sebelum	31,5	68,2	274,5	36,7	52,3	267,4	730,7
	Setelah	31,5	68,2	229,1	36,7	52,3	120,7	538,5
2	Sebelum	49,3	72,1	267,5	36,4	46,4	225,3	697,3
	Setelah	49,3	93,7	236,0	36,4	46,4	113,5	575,5
3	Sebelum	35,7	124,2	316,7	38,0	46,2	303,0	863,8
	Setelah	35,7	150,7	283,3	38,0	46,2	129,0	682,9

Tabel 20 Faktor Keceratan Sebelum dan Setelah Perbaikan

Fleet No.	Alat Gali Muat	Alat Angkut	Jarak (m)	Sebelum		Setelah	
				MF	Wtm (detik)	MF	Wtm (detik)
1	1 Unit Exca Cat 395	4 Unit OHT Cat 773E	881,51	0,44	101,53	0,60	53,48
2	1 Unit Exca Cat 395	4 Unit OHT Cat 773E	831,41	0,49	88,61	0,74	36,72
3	1 Unit Exca Cat 395	4 Unit OHT Cat 775F	968,15	0,61	83,38	0,93	10,20

Tabel 21 Waktu Edar Alat Gali Muat Setelah Perbaikan

Fleet No.	Ta ₁	Ta ₂	Ta ₃	Ta ₄	Gantung	Waktu Edar	Curah (Kali)
	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	
1	7,4	4,3	3,6	4,9	13,4	20,3	4
2	8,5	4,1	4,0	4,9	7,3	21,4	5
3	11,1	5,7	4,4	5,3	1,7	26,5	6

Setelah dilakukan upaya perbaikan waktu edar alat angkut maka akan diperoleh nilai waktu tunggu alat muat berdasarkan perhitungan *match factor* yang baru. Waktu edar alat angkut yang semakin cepat tentu saja akan mengurangi waktu tunggu dari alat gali muat. Perbaikan waktu edar dapat dilihat pada tabel 22.

Hasil setelah perbaikan diperoleh nilai produksi selama satu bulan pada alat gali muat yaitu sebesar 775.106,35 BCM/bulan dengan persentase ketercapaian 101% dan pada produksi alat angkut yaitu sebesar 767.741,20 BCM/bulan dengan persentase ketercapaian 100%. Dengan persentase tersebut dapat diperoleh bahwa target produksi pada bulan Januari 2023 dapat tercapai setelah dilakukan berbagai upaya perbaikan.

Tabel 22 Hasil Produksi Setelah Perbaikan

Fleet No.	Produksi Alat Gali Muat			Produksi Alat Angkut		
	Sebelum (BCM/bulan)	Setelah (BCM/bulan)	Persen (%)	Sebelum (BCM/bulan)	Setelah (BCM/bulan)	Persen (%)
1	195.398,37	263.359,20	35	192.177,02	260.768,59	36
2	185.382,48	280.455,78	51	182.321,90	276.150,34	51
3	152.702,81	231.291,37	51	152.080,21	230.822,27	52
Total	533.483,66	775.106,35	101	526.579,13	767.741,20	100

IV. KESIMPULAN

Target produksi untuk *fleet* dengan alat gali muat terbesar di perusahaan adalah 766.800 BCM/bulan pada bulan Januari 2023, namun target produksi ini belum tercapai. Hasil produksi total untuk alat gali muat adalah 533,483.67 BCM/bulan dengan persentase ketercapaian 70%, sedangkan hasil produksi untuk alat angkut adalah 526,579.14 BCM/bulan dengan persentase ketercapaian 69%. Target produksi yang belum tercapai dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi front penambangan yang sempit, jumlah muatan yang belum memenuhi target muatan, lamanya waktu edar alat angkut akibat adanya penyempitan jalan hauling,

serta rendahnya waktu kerja efektif yang disebabkan oleh hambatan kerja yang dapat ditekan dan hambatan kerja yang tidak dapat ditekan.

Upaya peningkatan hasil produksi bulan Januari 2023 dilakukan dengan memperbaiki kondisi front penambangan dan teknis pemuatan. Selanjutnya melakukan penambahan jumlah curah satu kali muatan alat angkut pada *fleet 2* dan *fleet 3*. Kemudian melakukan pelebaran jalan angkut akibat material buangan di sisi jalan untuk meningkatkan waktu edar alat angkut dan memperoleh nilai travel time baru dengan simulasi *rimpull*.

Total produksi bulanan untuk alat gali muat sebelum perbaikan adalah 533.483,67 BCM/bulan dan meningkat 101% menjadi 775.106,35 BCM/bulan setelah perbaikan. Sedangkan total produksi bulanan untuk alat angkut sebelum perbaikan adalah 526.579,14 BCM/bulan dan meningkat 100% menjadi 767.741,20 BCM/bulan setelah perbaikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbaikan pada alat gali muat dan alat angkut pada masing-masing *fleet* telah meningkatkan produksi bulanan secara signifikan dan telah mencapai target produksi.

Berdasarkan kajian yang dilakukan, dapat diajukan beberapa saran.

- Melakukan persiapan kondisi front penambangan dengan memperhatikan lebar alat angkut manuver dan tinggi penempatan alat gali muat, teknis pemuatan, agar kegiatan pemuatan dapat berjalan dengan optimal.
- Melakukan penambahan jumlah curah pada *fleet 2* dan *fleet 3* karena muatan masih berada dibawah *range target payload* yaitu 90 - 110%. Selain itu, memperhatikan jumlah curah pada tiap alat angkut dengan melihat lampu indikator muatan pada alat angkut.
- Melakukan perbaikan lebar jalan dengan memperhatikan lebar jalan yang mengalami penyempitan karena adanya gorong-gorong dan pembersihan material buangan (*spoil*) secara berkala agar jalan tidak semakin menyempit, serta menetapkan penggunaan jalur kanan untuk kegiatan *hauling*. Menerapkan rekomendasi pengoperasian transmisi atau gear alat angkut berdasarkan simulasi *rimpull*.

V. DAFTAR PUSTAKA

Abramson, W.L. et al. (1996). *Slope Stability and Stabilization Methods*. Canada: John Wiley & Sons Inc. Edisi I.

(AASTHO), A. A. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASTHO).

Amir, F., Fanani, Y., & Sari, A. S. (2021). Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Pada Penambangan Batugamping PT Semen Indonesia Tbk, Kabupaten Tuban Jawa Timur. *SEMATAN III ITATS*, Vol. 3 No. 1.

Anisari, R. (2016). *Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup di Pit 8 Fleet D PT Jhonlin Baratama Jobsite Satui Kalimantan Selatan*. Banjarmasin: Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin.

Assidiqi, A., Rosalinda, & Wiratama, J. (2022). Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Angkut pada Kegiatan Pengupasan Overburden untuk Mencapai Target Produksi. *Jurnal Geosapta*, Vol. 8 No. 2.

Bargawa, W. S. (2018). *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.

Darman, F. H. (2000). *An Outline of the Geology of Indonesia*. Jakarta: Indonesian Association of Geologists.

Fahmeyzan, D., Soraya, S., & Etmay, D. (2018). Uji Normalitas Data Omzet Bulanan Pelaku Ekonomi Mikro Desa Senggigi dengan Menggunakan Skewness dan Kurtosis. *Jurnal Varian*, 31-36.

Frudis, I. E., Mardinah, & J, P. (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*.

Gafoer, S. A. (1992). *Geologi Lembar Bengkulu, Sumatera Skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Hustrulid, W. K. (2013). *Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition - Fundamental: vol 1*. Netherland: CRC Press/Balkema.

Imansyah, N. (2011). *Menentukan Waktu Baku Untuk Mempersingkat Proses Pelayanan Bongkar Muat di Pelabuhan Trisakti Banjarmasin*. Banjarmasin: Politeknik Negeri Banjarmasin.

Inc, C. (2020). *Caterpillar Handbook. 49th Edition*. Peoria, Illinois: Caterpillar Inc.

Indonesianto, Y. (2014). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan. UPN "Veteran" Yogyakarta.

Kabasarang, D. C., Setiawan, A., & Susanto, B. (2016). Uji Normalitas Menggunakan Statistik Jarque-Bera Berdasarkan Metode Bootstrap. *LSM XXI*, 245 - 256.

- Klanfar, M. (2021). *Influence of Chrused rock Properties on The Productivity of a Hydraulic excavator*. Applied Science.
- Nurwaskito, A., Jamaluddin, & Widodo, S. (2015). *Optimalisasi Produktivitas Alat Muat Dan Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Pada Pt. Semen Bosowa Kabupaten Marosprovinsi Sulawesi Selatan*. *Jurnal Geomine*.
- 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*, Vol. 6 No.3.
- Oktafian, N., & Sumarya. (2003). *Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Dump Truck pada Pengangkutan Batubara dari Loading Point ke Stockpile di Site Ampelu PT. Nan Riang Kecamatan Muara Tembesi Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi*. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 3 No. 4.
- Projosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Departemen Pertambangan Insitut Teknologi Bandung.
- Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.