

Kajian Teknis Optimasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional Di *Pit* Barat PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto

Dita Aprilia Istiqamah*, Mulya Gusman^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ditamanday@gmail.com

**gusmanmulya_tambang@yahoo.co.id

Abstract. In an open pit, in overburden removal and hauling overburden activities in the western pit of PT. Allied Indo Coal Jaya operates 1 unit of CAT 330D2 L back hoe excavator as a digger and 3 units dump truck HINO 500 FM 260 JD. The problem currently is not achieving the overburden production target in the western pit in July 2019 which is 54,000 bcm while the actual production is 50,966.19 bcm. The method used in this study is the match factor method. The existence of the incompatibility of work between the loading and hauling equipment and conveyance, it is necessary to optimize the productivity of the equipment and the compatibility of work between the loading and unloading equipment. The actual match factor of the loading and hauling equipment is 0.75. To achieve match factor, carried out an optimization of the hauling cycle time and increase the number of *bucket* excavator filling so the match factor reaches 0.99. Then the total production of loading was 54,552.38 bcm/month and hauling equipment was 54,252.14 bcm/month. From the calculation results obtained the magnitude of the operational costs of the loading and hauling equipment for overburden removal before being analyzed Rp. 193,317,429 or Rp. 3,963 / bcm. After being analyzed for peeling overburden in accordance with the planned production target, a cost of Rp. 204,846,453 or Rp. 3,755 / bcm.

Keyword: production, overburden, match factor, cycle time, operational cost

1 Pendahuluan

PT. Allied Indo Coal Jaya adalah perusahaan yang bergerak pada usaha pertambangan batubara. Metode penambangan yang diterapkan oleh PT. Allied Indo Coal Jaya adalah metode tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Kegiatan awal proses penambangan pada tambang terbuka dimulai dari kegiatan survey pemetaan, pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan dan pengangkutan *top soil*, pengupasan dan pengangkutan tanah penutup (*overburden*), pembersihan lapisan atas batubara (*coal cleaning*), penambangan dan pengangkutan batubara, pengolahan batubara (*crusher*), pemasaran, dan reklamasi lahan pasca tambang.

Pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) merupakan salah satu kegiatan yang sangat mempengaruhi dalam kegiatan penambangan, makin cepat kegiatan pengupasan *overburden* maka kegiatan penambangan batubara akan sesuai dengan target yang ditetapkan oleh PT. Allied Indo Coal Jaya. Kegiatan ini membutuhkan peralatan dan kesiapan kegiatan produksi yang harus dilakukan dengan baik untuk mencapai sasaran target produksi akhir yang telah ditentukan perusahaan. Pentingnya memperkirakan produktivitas dari alat muat dan alat angkut ini karena berkaitan dengan target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan.

Dalam melakukan kegiatan pengupasan dan pengangkutan *overburden* di pit barat PT. Allied Indo

Coal Jaya mengoperasikan 1 unit *excavator back hoe* CAT 330D2 L sebagai alat gali muat dan 3 unit alat angkut *dump truck* HINO 500 FM 260 JD. Pada kegiatan ini sering terdapat waktu tunggu alat gali muat sehingga mengakibatkan ketidakserasian kerja alat gali muat dan alat angkut.

Masalah kurangnya waktu kerja efektif harian pada alat gali muat karena mengalami waktu-waktu hambatan yang bisa dihindari seperti keterlambatan kerja, waktu tunggu, berhenti kerja lebih awal, istirahat terlalu cepat, istirahat terlalu lama dan keperluan operator serta *swing angle* >90°. Masalah pada alat angkut berupa *dump truck* bekerja dengan adanya waktu hambatan yang dapat dihindari seperti keterlambatan kerja, waktu tunggu pada alat angkut, berhenti kerja lebih awal, istirahat terlalu cepat, istirahat terlalu lama dan keperluan operator, serta jumlah passing *excavator* tidak sesuai dengan kapasitas *vessel*.

Masalah yang dihadapi saat sekarang ini adalah tidak tercapainya target produksi *overburden* di pit barat yang telah ditetapkan pada bulan Juli 2019 yaitu sebesar 54.000 bcm sedangkan produksi aktualnya sebesar 50.966,19 bcm. Terdapat beberapa hari pada bulan Juli 2019 jam kerja alat melebihi jam kerja yang telah ditetapkan sehingga terjadi kelebihan pembiayaan. Hal ini disebabkan oleh tidak optimalnya penggunaan alat gali muat dan alat angkut yang bekerja di lapangan, terlihat dari adanya ketidakserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut. Maka perlu dilakukan optimasi produktivitas alat dan keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut. Memberikan rekomendasi untuk mengoptimalkan produktivitas alat sehingga penggunaan alat dapat dioptimalkan sesuai dengan jam kerja yang telah ditetapkan agar tidak terjadi kelebihan pembiayaan dan produksi mencapai target yang telah direncanakan.

Dalam penelitian ini akan membahas beberapa aspek masalah antara lain berapa produktivitas aktual alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L dan alat angkut *dump truck* HINO 500 FM 260 JD pada kegiatan pengupasan *overburden*, bagaimana keserasian kerja alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L dan alat angkut *dump truck* HINO 500 FM 260 JD, bagaimana sistem kerja alat gali muat dan alat angkut agar sesuai dengan jam kerja yang sudah ditetapkan untuk mencapai target produksi *overburden*, berapa biaya operasional yang efisien dikeluarkan oleh alat gali muat *excavator* CAT 330D 2L dan alat angkut *dump truck* HINO 500 FM 260 JD untuk kegiatan pengupasan *overburden*. Dengan melakukan penelitian di aspek-aspek tersebut maka bisa didapatkan beberapa tujuan.

2 Kajian Teori

2.1 Pola Teknis Pengupasan Lapisan Tanah Penutup

Berdasarkan cara penambangan yang di lakukan ada beberapa cara pembuangan OB yang sesuai untuk tambang terbuka yaitu ^[1]:

- Back Filling* yaitu menimbun kembali tempat-tempat bekas penggalian yang sudah diambil bahan galiannya.
- Benching System* yaitu pengupasan *overburden* dengan sistem jenjang, sistem ini cocok untuk tanah penutup yang tebal dan bahan galian atau lapisan batubara yang tebal.
- Multi Bucket Excavator System* yaitu pembuangan tanah penutup ke tempat yang sudah digali batubaranya atau ketempat pembuangan khusus. Cara pengupasan ini mirip dengan cara *Bucket Wheel Excavator* (BWE), cocok untuk tanah penutup yang materialnya lunak dan tidak lengket.
- Drag Scraper System*, cara ini biasanya langsung diikuti dengan pengambilan bahan galian setelah tanah penutupnya dibuang, tetapi bisa juga tanah penutupnya dihabiskan terlebih dahulu kemudian baru bahan galiannya ditambang, cocok untuk tanah penutup yang materialnya lunak atau lepas (*loose*).
- Cara konvensional kombinasi alat gali (*bulldozer*), alat muat (*track loader*), dan alat angkut (*dump truck*).

2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat

Dalam menentukan kemampuan produksi alat gali maut dan alat angkut yang digunakan dalam kegiatan penambangan perlu diperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi alat-alat tersebut. Faktor-faktor tersebut adalah :

2.2.1 Kapasitas Alat

Kapasitas alat dipengaruhi oleh faktor pengembangan material dan faktor pengisian. Perencanaan pemilihan alat sangat penting agar alat dapat bekerja maksimal sehingga produksi dapat tercapai. Kemampuan alat merupakan faktor yang menunjukkan kondisi alat-alat mekanis yang digunakan dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama waktu kerja dari alat yang tersedia ^[2].

2.2.1.1 Faktor Pengembang (Swell Factor)

Material di alam ditemukan dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga hanya sedikit bagian tanah yang kosong atau ruangan yang terisi oleh udara. Bila material digali dari tempat aslinya maka akan terjadi pengembangan (*swell*). Volume tanah yang telah digali (*volume loose*) pada umumnya lebih besar dari volume tanah aslinya di alam (*volume insitu*). Hal ini dikarenakan pada proses penggalian tersebut terjadi perubahan kepadatan dari material tersebut. Pertambahan volume ini disebut sebagai pengembangan tanah, sehingga yang dimaksud dengan faktor pengembangan (*swell factor*) adalah perbandingan antara volume tanah aslinya di alam dengan volumenya yang telah digali dan dinyatakan dalam persen (%) serta dinyatakan dalam rumus ^[1]:

$$SF = \frac{\text{Volume insitu}}{\text{Volume loose}} \times 100\% \quad (1)$$

2.2.1.2 Faktor Pengisian (Bucket fill factor)

Beberapa jenis kapasitas *bucket* yang perlu diperhatikan [3]:

- Kapasitas Munjung (*Heaped Capacity*)
- Kapasitas Peres (*Struck Capacity*)
- Kapasitas Batas Muatan Statis (*Static Tipping Load*)

Bucket fill factor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut [4].

$$Vn = \left(\frac{\text{rata-rata payload}}{\text{density loose}} \right) \times \frac{1}{\text{rata-rata passing}} \quad (2)$$

$$K = \frac{Vn}{Vt} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

K = Faktor pengisian mangkuk (*bucket fill factor*) (%)

Vn = Volume material nyata (m³)

Vt = Volume teoritis (m³)

2.2.2 Kondisi dan Jarak Jalan Angkut

Keadaan jalan yang akan dilalui sangat mempengaruhi daya angkut alat-alat angkut yang dipakai. Bila jalur jalan baik, kapasitas angkut dapat besar karena alat-alat angkut dapat bergerak lebih cepat. Kemiringan dan jarak harus diukur dengan teliti, karena hal itu akan menentukan waktu yang diperlukan untuk pengangkutan material (*cycle time*). Kecerobohan dalam menentukan kemiringan, jarak dan kondisi jalan akan menurunkan jumlah material yang dapat diangkut dan menambah ongkos pengangkutan [1].

2.2.3 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Waktu efisiensi kerja dihitung dengan rumus [5].

$$\text{Eff kerja} = \left(\frac{Wke}{Wkt} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

Wke = Waktu kerja efektif ($Wke = Wkt - (Whd + Whdt)$)

Whd = Waktu hambatan yang dapat dihindari

Wkt = Waktu kerja yang tersedia

$Whdt$ = Waktu kerja yang tidak dapat dihindari

2.2.4 Ketersediaan Alat dan Penggunaan Alat

Salah satu hal yang mempengaruhi produksi dari kebutuhan alat gali-muat dan alat angkut yang diinginkan dalam operasi penambangan adalah masalah ketersediaan alat. Ketersediaan alat adalah faktor yang

menunjukkan kondisi alat – alat mekanis dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama kerja.

2.2.4.1 Kesiediaan mekanis (Mechanical Availability)

Faktor yang menunjukkan kesiediaan alat dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu yang digunakan untuk memperbaiki mesin, peralatan dan alasan mekanis lainnya [1].

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

W = *Working Hours* atau jumlah jam kerja.

R = *Repairs Hours* atau jumlah jam untuk perbaikan.

2.2.4.2 Kesiediaan fisik (Physical Availability)

Faktor yang menunjukkan kesiediaan alat untuk melakukan kerja dengan memperhitungkan waktu yang hilang karena rusaknya jalan, faktor cuaca dan lainnya [1].

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

S = *Standby Hours* atau jumlah kerja alat yang tidak dioperasikan padahal alat tersebut tidak rusak dan siap beroperasi.

$W + R + S$ = *Scheduled Hours* atau jumlah seluruh jam kerja dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

2.2.4.3 Use of Availability

Menunjukkan berapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan [1].

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \quad (7)$$

2.2.4.3 Effective Utilization

Menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. *Effective utilization* sebenarnya sama dengan efisiensi kerja [1].

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \quad (8)$$

2.2.5 Keterampilan dan Pengalaman Operator (Skill Operator)

Semakin baik kemampuan operator dalam mengoperasikan alat yang digunakan, maka akan memperkecil waktu edar dari peralatan tersebut.

2.2.6 Waktu Edar

Waktu edar (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan alat mulai dari aktivitas pengisian atau pemuatan, pengangkutan untuk truck dan sejenisnya atau swing untuk backhoe dan shovel, pengosongan, kembali kosong dan mempersiapkan posisi untuk diisi atau dimuat.

2.2.7 Pola Pemuatan Material

2.2.7.1 Posisi Pemuatan Material

Posisi pemuatan material oleh alat muat ke dalam alat angkut ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut, apakah kedudukan alat muat tersebut berada lebih tinggi atau kedudukan keduanya sama tinggi. Posisi pemuatan dibagi menjadi 2 (dua), yaitu ^[5]: *Top Loading* dan *Bottom Loading*

2.2.7.2 Cara Pemuatan Material

Cara pemuatan dilihat dari alat muat terhadap *front* penggalian dan posisi alat angkut terhadap alat muat, dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu ^[5]: *Frontal Cut* dan *Pararel Cut With Turn Drive-by*

2.2.7.3 Jumlah Penempatan Pemuatan

- a. *Single Back Up*
- b. *Double Back Up*
- c. *Triple Back Up*

2.2.8 Cuaca

Cuaca adalah kondisi alam yang tidak bisa ditentukan oleh manusia, kondisi cuaca akan sangat berpengaruh pada lokasi penambangan. Dengan kondisi cuaca hujan, maka hampir dipastikan penambangan pada *front* akan ditunda, karena akses jalan yang berada di *front* menjadi licin dan kurang memadai untuk dilalui oleh alat angkut.

2.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

2.3.1 Alat Gali Muat

Alat muat yang digunakan adalah *excavator backhoe*. *Excavator backhoe* merupakan salah satu alat untuk kegiatan penggalian dan pemuatan yang menggunakan roda rantai, sesuai digunakan untuk daerah yang berlumpur atau daerah kerja berbatu. *Excavator backhoe* bekerja dengan gerakan memutar badan untuk mengarahkan *bucket* saat menggali atau membawa muatan untuk diarahkan ke tempat lain atau dimuat ke alat angkut.

Untuk menghitung produksi alat gali muat pada pengupasan tanah penutup dapat menggunakan rumus ^[1]:

$$Pm = \frac{E \times I \times Kb}{Ctm} \times 3600 \quad (9)$$

Keterangan :

- Pm = Produksi alat gali muat (m³/jam)
- Ctm = Waktu edar alat gali muat (menit)
- E = Efisiensi kerja alat gali muat (%)
- I = Faktor pengembangan (*Swell factor*) (%)
- Kb = Kapasitas nyata *bucket* alat gali muat (m³)
= Kapasitas *bucket* x *bucket fill factor* (m³)

2.3.2 Alat Angkut

Alat angkut yang digunakan adalah *Dump Truck*. Untuk menghitung produksi alat angkut dapat dicari dengan rumus ^[1]:

$$Pa = \frac{E \times I \times Kd}{Cta} \times 60 \quad (10)$$

Keterangan :

- Pa = Produksi alat angkut (m³/jam)
- Kd = Kapasitas nyata *dump truck* (m³)
= Kb x n (Jumlah pemuatan)
- Cta = Waktu edar *dump truck* (menit)

2.4 Match Factor

Hubungan keserasian kerja antara alat-alat mekanis merupakan hal yang penting disamping usaha peningkatan produksi. Keserasian hubungan kerja antara alat gali muat dan alat angkut dapat dilihat dari besarnya *match factor*. *Match Factor* dapat dihitung dengan ^[1]:

$$MF = \frac{Na \times Ctm \times n}{Cta \times Nm} \quad (11)$$

Keterangan:

- n = Jumlah pemuatan
- Na = Jumlah alat angkut (unit)
- Nm = Jumlah alat gali muat (unit)

Jumlah alat angkut dapat dihitung dengan rumus :

$$Na = \frac{Pm}{Pa} \quad (12)$$

Keterangan :

- Pm = Produksi penggalian oleh alat gali muat (m³/hari)
- Pa = Produksi pengangkutan oleh alat angkut (m³/hari)

Keserasian hubungan kerja antara alat gali muat dan alat angkut dapat dilihat dari Tabel 1 ^[1].

Tabel 1. Nilai Faktor Keserasian Kerja

Nilai MF	Nilai Match Faktor
MF<1	Terdapat waktu tunggu yang terjadi bagi alat gali untuk menunggu alat angkut yang belum datang.
MF=1	Berarti persentase kinerja kedua alat dapat mencapai 100% sehingga tidak ada waktu tunggu yang terjadi.
MF>1	Alat angkut yang sering menganggur, sehingga adanya waktu tunggu yang terjadi untuk alat angkut.

Sedangkan besarnya waktu tunggu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan ^[5]:

$$W_{tm} = \frac{nm \times CTa}{na} - CTm \quad (13)$$

Keterangan :

W_{tm} = Waktu tunggu alat gali muat (menit)

$$W_{ta} = \frac{na \times CTm}{nm} - CTa \quad (14)$$

Keterangan :

W_{ta} = Waktu tunggu alat angkut (menit)

2.5 Biaya Produksi

Operating cost / biaya operasi adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh pengguna alat berat tersebut saat alat berat tersebut dioperasikan. Ada 6 hal yang diperhitungkan dalam *operating cost* ini, yakni ^[6]:

2.5.1 Bahan Bakar (fuel)

Biaya bahan bakar merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan alat berat, masing-masing jenis alat berat memiliki fuel consumption yang berbeda-beda.

2.5.2 Oil, Grease dan Filters

Setiap unit yang dioperasikan tentunya membutuhkan perawatan, baik itu perawatan apabila terjadi kerusakan, maupun perawatan rutin setiap waktu penggunaan tertentu. Perawatan rutin biasanya meliputi penggantian oli, pelumasan dengan grease (gomok), pergantian saringan, dan beberapa perawatan rutin lainnya. Untuk setiap unit yang berbeda tentunya juga memiliki kebutuhan terhadap oli dan gomok yang berbeda.

2.5.3 Ban (Tires)

Salah satu komponen penting dari alat berat, terutama alat pengangkutan adalah komponen ban. Karena ban menjadi tumpuan dari beban yang diangkutnya. Usia pakai dari ban itu sendiri juga dapat diperhitungkan, menyesuaikan dengan kondisi permukaan jalan yang dilalui.

2.5.4 Biaya Perbaikan (Repair Cost)

Selain perawatan berkala seperti pergantian oli, saringan oli, saringan minyak, dan perawatan rutin lainnya, kerusakan pada unit juga sering terjadi. Untuk itu biaya perbaikan (repair cost) juga harus diperhitungkan.

2.5.5 Special Items

Selain perawatan berkala seperti pergantian oli, saringan oli, saringan minyak, dan perawatan rutin

lainnya, kerusakan pada unit juga sering terjadi. Untuk itu biaya perbaikan (repair cost) juga harus diperhitungkan.

2.5.6 Gaji Operator

Gaji operator menjadi salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam perhitungan biaya produksi alat berat. Biasanya operator digaji berdasarkan jam kerja mereka, namun di beberapa perusahaan operator alat berat menjadi karyawan tetap, sehingga gaji operator dibayarkan.

3 Metode Penelitian

Metoda penelitian yang akan digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif dan penelitian ini lebih terarah kepada penelitian terapan. Metode penelitian ini dapat diartikan sebagai penelitian yang dikerjakan dengan maksud untuk menerapkan, menguji, dan mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam pemecahan permasalahan teknis. Penelitian ini lebih mengarah ke penelitian terapan (Applied Research), yaitu salah satu penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis^[7].

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penyusun menggabungkan antara teori dan kenyataan dilapangan yang didapat dari data primer melalui pengamatan secara langsung dilapangan maupun data sekunder yang didapat dari perusahaan, sehingga dari keduanya didapatkan pendekatan masalah yang paling baik.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Jam Kerja Kegiatan Penambangan

Jam kerja adalah waktu kerja yang sesungguhnya digunakan pada operasi penambangan. Semakin kecil selisih antara waktu kerja yang dijadwalkan dengan waktu kerja efektif maka semakin baik, baik dari segi operator maupun produksi yang dihasilkan.

4.1.2 Cycle time Alat Muat dan Alat Angkut

4.1.2.1 Excavator CAT 330D2 L

Tabel 2. Cycle time Excavator CAT 330D2 L

Digging (detik)	Swing isi (detik)	Dumping (detik)	Swing kosong (detik)	Cycle time (detik)
8.2	5.8	4.0	4.8	22.7

4.1.2.2 Dump truck HINO 500 FM 260 JD

Tabel 3. Dump truck HINO 500 FM 260 JD DT-24

Manuver loading (menit)	Loading (menit)	Hauling isi (menit)	Manuver dumping (menit)	Dumping (menit)	Hauling kosong (menit)	Cycle time (menit)
00:25.5	01:57.4	02:50.3	00:45.1	00:30.6	01:59.1	08:26.4

Tabel 4. Dump truck HINO 500 FM 260 JD DT-25

Manuver loading (menit)	Loading (menit)	Hauling isi (menit)	Manuver dumping (menit)	Dumping (menit)	Hauling kosong (menit)	Cycle time (menit)
00:28.5	01:57.1	02:51.3	00:34.9	00:33.1	02:03.0	08:27.9

Tabel 5. Dump truck HINO 500 FM 260 JD DT-26

Manuver loading (menit)	Loading (menit)	Hauling isi (menit)	Manuver dumping (menit)	Dumping (menit)	Hauling kosong (menit)	Cycle time (menit)
00:25.2	01:55.4	02:56.4	00:32.2	00:29.9	02:01.8	08:21.0

4.1.3. Standby, Repair dan Working Hours

Waktu standby (S) adalah waktu alat tidak dioperasikan padahal alat tersebut tidak rusak dan siap beroperasi. Waktu repair (R) adalah waktu perbaikan pada saat jam operasional berlangsung. Sedangkan waktu working (W) adalah waktu yang benar-benar digunakan alat untuk memproduksi sampai akhir operasi yaitu selisih jam kerja dengan jam kerja yang hilang.

Tabel 6. Standby, Repair dan Working Hours Alat Gali Muat

Distribusi waktu	Waktu (menit/hari)
Total jam kerja/hari	600
Repair time (R)	
1. Rusak dan perbaikan	0
Total repair/hari	0
Total repair/bulan	0
Standby time (S)	
1. Non produktif	45
2. Isi bahan bakar	10
3. Pemanasan mesin	5
4. P2h (pemeriksaan dan perawatan harian)	5
5. Pindah lokasi kerja	5
6. Terlambat kerja	5
7. Berhenti sebelum istirahat	5
8. Selesai kerja sebelum waktu pulang	5
9. Kebutuhan operator	5
10. Hujan	0
Total Standby/hari	90
Total Standby/bulan	$(90 : 60) \times 31 = 46,5$ jam
Working hours/hari	510 menit
Working hours/bulan	$(8,5 \text{ jam} \times 27) + (8 \text{ jam} \times 4)$ 261,5 jam

Tabel 7. Standby, Repair dan Working Hours Alat Gali Angkut

Distribusi waktu	Waktu (menit/hari)
Total jam kerja/hari	600
Repair time (R)	
1. Rusak dan perbaikan	5
Total repair/hari	5 menit
Total repair/bulan	$(5 : 60) \times 31 = 2,58$ jam
Standby time (S)	
1. Non produktif	45
2. Isi bahan bakar	10
3. Pemanasan mesin	5
4. P2h (pemeriksaan dan perawatan harian)	5
5. Pindah lokasi kerja	0
6. Terlambat kerja	5
7. Berhenti sebelum istirahat	10
8. Selesai kerja sebelum waktu pulang	5
9. Kebutuhan operator	5
10. Hujan	0
Total Standby/hari	90
Total Standby/bulan	$(90 : 60) \times 31 = 46,5$ jam
Working hours/hari	505 menit
Working hours/bulan	$(8,41 \text{ jam} \times 27) + (7,92 \text{ jam} \times 4)$ 258,75 jam

4.1.4. Kondisi Tempat Kerja

Produksi alat mekanis selain dipengaruhi oleh kondisi fisik dan mekanisnya, juga dipengaruhi oleh keadaan tempat kerja alat tersebut digunakan. Untuk mengetahui produksi alat muat dan alat angkut maka perlu dilakukan pengamatan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhinya. Tinjauan terhadap kondisi tempat kerja bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi tersebut sudah mendukung atau belum untuk kegiatan produksi material *overburden*.

4.1.5. Material

4.1.5.1 Swell Factor

Swell factor merupakan suatu faktor yang menunjukkan besarnya volume pengembangan suatu material setelah digali dari tempatnya berdasarkan volume asli sebelum digali. Perhitungan faktor pengembangan ini menggunakan parameter density loose dan density bank yang didapatkan dari data PT. Allied Indo Coal Jaya. Material *overburden* di pit barat berupa claystone dengan loose density 1.25 ton/m^3 dan bank density 1 ton/m^3

4.1.5.1 Bucket Fill Factor

Bucket fill factor merupakan perbandingan antara volume material nyata yang dimuat oleh *bucket* dengan volume kapasitas teoritis *bucket* yang dinyatakan dalam

%. Perhitungan *bucket fill factor* pada penelitian ini menggunakan data payload dan passing yang diambil saat di lapangan menggunakan persamaan (2) dan (3). Data passing *excavator* didapatkan pada saat pengamatan di lapangan. Data loose density dan data payload didapatkan dari PT. Allied Indo Coal Jaya

4.1.6. Lost Time

Lost time merupakan waktu pada saat alat gali-muat tidak memproduksi *overburden*. Waktu terbuang ada yang dapat dihindari dan ada yang tidak dapat dihindari. Semakin besar waktu yang terbuang maka semakin kecil pula efisiensi kerja alat gali-muat. Pengamatan waktu terbuang alat gali-muat diambil bersamaan dengan pengambilan data *cycle time*.

Waktu terbuang yang didapat pada saat melakukan pengamatan antara lain :

- Pindah *Front*
- Perbaikan *Front*
- Waiting Hauler*
- Spotting Time Truck*
- Kebutuhan Operator

4.2 Pengolahan Data

4.2.1. Bucket fill factor

Bucket fill factor merupakan perbandingan antara volume material nyata yang dimuat oleh *bucket* dengan volume kapasitas teoritis *bucket* yang dinyatakan dalam %. Perhitungan *bucket fill factor* pada penelitian ini menggunakan data payload dan passing *excavator* yang diambil saat di lapangan. Perhitungan *bucket fill factor* yaitu sebagai berikut:

Diketahui :

Material *Claystone*

Rata-rata payload : 9 lcm

Rata-rata passing : 5,5

Loose density : 1,25 ton/m³

Kapasitas teoritis *bucket* : 2,12 m³

$$Vn = \left(\frac{\text{rata-rata payload}}{\text{density loose}} \right) \times \frac{1}{\text{rata-rata passing}}$$

$$Vn = \left(\frac{9 \text{ lcm} \times 1,25 \text{ tom/m}^3}{1,25 \text{ tom/m}^3} \right) \times \frac{1}{5,5}$$

$$Vn = 1,64 \text{ m}^3$$

$$K = \frac{Vn}{Vt} \times 100\%$$

$$K = \frac{1,64 \text{ m}^3}{2,12 \text{ m}^3} \times 100\%$$

$$K = 77,4\%$$

4.2.2. Swell Factor

Bila material digali dari tempat aslinya maka akan terjadi pengembangan (*swell*). Volume tanah yang telah digali (*volume loose*) pada umumnya lebih besar dari volume tanah aslinya di alam (*volume insitu*). Hal ini dikarenakan pada proses penggalian tersebut terjadi perubahan kepadatan dari material tersebut. Pertambahan volume ini disebut sebagai pengembangan

tanah, sehingga yang dimaksud dengan faktor pengembangan (*swell factor*).

$$SF = \frac{\text{volume insitu}}{\text{volume loose}} \times 100\%$$

$$SF = \frac{1 \text{ ton/m}^3}{1,25 \text{ ton/m}^3} \times 100\%$$

$$SF = 80\%$$

4.2.3. Ketersediaan Alat

Dengan diketahuinya jam kerja alat, maka dapat diukur ketersediaan dari alat yang digunakan. Ketersediaan alat berpengaruh langsung terhadap kinerja serta produktivitas dari *excavator* dan *dump truck* yang diamati. Waktu kerja alat aktual *excavator* dan *dump truck* merupakan data sekunder dari PT. Allied Indo Coal Jaya yang diambil pada bulan Juli 2019 dan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Berdasarkan data sekunder tersebut, maka ketersediaan alat yang diamati diantaranya meliputi :

4.2.3.1 Ketersediaan Excavator CAT 330D2L

4.2.3.1.1 Mechanical Availability

Mechanical Availability merupakan suatu keadaan atau kondisi mekanik yang sesungguhnya dari *excavator* yang sedang digunakan. Perhitungan mechanical availability menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\%$$

$$MA = \frac{261,5 \text{ jam}}{261,5 \text{ jam} + 0 \text{ jam}} \times 100\% = 100\%$$

4.2.3.1.2 Physically Availability

Physically availability merupakan parameter yang menunjukkan keadaan fisik peralatan yang digunakan. Perhitungan physically availability menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\%$$

$$PA = \frac{261,5 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}}{261,5 \text{ jam} + 0 \text{ jam} + 0 \text{ jam}} \times 100\% = 100\%$$

4.2.3.1.3 Use Of Availability

Use of availability merupakan parameter yang menunjukkan waktu efektif peralatan yang dapat digunakan untuk beroperasi dalam kondisi tidak rusak. Perhitungan use of availability menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\%$$

$$UA = \frac{261,5 \text{ jam}}{261,5 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}} \times 100\% = 84,9\%$$

4.2.3.1.4 Effective Utilization

Effective Utilization menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan

untuk kerja produktif (efisiensi kerja). Perhitungan effective utilization menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100 \%$$

$$EU = \frac{261,5 \text{ jam}}{261,5 \text{ jam} + 0 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}} \times 100 \%$$

$$EU = 84,9 \%$$

Nilai mechanical availability, physical availability dan use of availability yang mengartikan kondisi *excavator* dalam keadaan baik.

4.2.3.2 Ketersediaan Dump truck HINO 500 FM 260 JD

4.2.3.2.1 Mechanical Availability

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\%$$

$$MA = \frac{258,75 \text{ jam}}{258,75 \text{ jam} + 2,58 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$MA = 99,01\%$$

4.2.3.2.2 Physically Availability

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \%$$

$$PA = \frac{258,75 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}}{256,33 \text{ jam} + 2,58 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}} \times 100 \%$$

$$PA = 99,16 \%$$

4.2.3.2.3 Use Of Availability

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100 \%$$

$$UA = \frac{258,75 \text{ jam}}{258,75 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}} \times 100 \%$$

$$UA = 84,77\%$$

4.2.3.2.4 Effective Utilization

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100 \%$$

$$EU = \frac{258,75 \text{ jam}}{258,75 \text{ jam} + 2,58 \text{ jam} + 46,5 \text{ jam}} \times 100 \%$$

$$EU = 84,6 \%$$

Nilai mechanical availability, physical availability dan use of availability yang mengartikan kondisi alat dalam keadaan baik.

Tabel 8. Ketersediaan Alat Gali Muat dan Alat Angkut

No	Alat	MA	PA	UA	EU
		%	%	%	%
1.	Excavator CAT 330D2 L	100	100	84,9	84,9
2.	Dump truck HINO 500 FM 260 JD	99,01	99,16	84,77	84,06

4.2.4. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara

waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Waktu efisiensi kerja dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{\text{waktu kerja efektif}}{\text{waktu kerja tersedia}} \times 100\%$$

4.2.4.1 Excavator CAT 330D2 L

Diketahui:
Waktu bekerja : 4.836,3 detik
Waktu hambatan : 563,7 detik
Waktu tersedia : 5.400 detik
Efisiensi kerja = $\frac{4.836 \text{ detik}}{5.400 \text{ detik}} \times 100\%$

Efisiensi kerja = 89,6%

4.2.4.2 Dump truck HINO 500 FM 260 JD

Diketahui:
Waktu bekerja : 261,64 menit
Waktu hambatan : 38,36 menit
Waktu tersedia : 300 menit
Efisiensi kerja = $\frac{261,64 \text{ menit}}{300 \text{ menit}} \times 100\%$

Efisiensi kerja = 87,2%

4.2.5. Produktivitas

4.2.5.1 Excavator CAT 330D2 L

Diketahui:
E = 89,6%
I = 80%
Kb = 2,12 m³
Bff = 77,4%
Ctm = 22,7 detik
Pm = $\frac{0,896 \times 0,8 \times 2,12 \text{m}^3 \times 0,774}{22,7} \times 3600$
Pm = 186,53 bcm/jam

Jam kerja efektif dalam 1 bulan adalah 261,5 jam, maka:

$$Pm = 186,53 \text{ bcm/jam} \times 261,5 \text{ jam} = 48.777,59 \text{ bcm}$$

4.2.5.2 Dump truck HINO 500 FM 260 JD

Diketahui:
E = 87,2%
I = 80%
Kd = 2,12 m³
N = 5.5
Bff = 77,4%
Ctm = 8,35 menit

$$Pa = \frac{0,872 \times 0,8 \times 2,12 \text{m}^3 \times 0,774 \times 5,5}{8,35} \times 60$$

$$Pa = 45,24 \text{ bcm/jam}$$

Jam kerja efektif dalam 1 bulan adalah 258,75 jam, maka:

$$Pa = 45,24 \text{ bcm/jam} \times 258,75 \text{ jam} \times 3 \text{ dump truck} = 35.117,55 \text{ bcm}$$

4.2.6. Match Factor

Match factor yaitu penilaian yang dilakukan pada saat alat digunakan dengan melakukan pengamatan terhadap waktu edar baik alat gali muat maupun alat angkut sehingga bila terjadi penyimpangan dapat segera diatasi. Match factor dapat dihitung dengan ^[1]:

$$MF = \frac{Na \times CTm \times n}{CTa \times Nm}$$

Diketahui :

$$Na = 3 \text{ dump truck}$$

$$CTm = 22,7 \text{ detik}$$

$$n = 5,5$$

$$CTa = 8,21 \text{ menit} = 501 \text{ detik}$$

$$Nm = 1$$

$$MF = \frac{Na \times CTm \times n}{CTa \times Nm}$$

$$MF = \frac{3 \times 22,7 \times 5,5}{501 \times 1}$$

$$MF = 0,75$$

Jadi nilai $MF < 1$ berarti adanya waktu tunggu pada alat gali muat.

Besarnya waktu tunggu alat muat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan ^[5,8]:

$$Wtm = \frac{nm \times CTa}{na} - CTm$$

$$Wtm = \frac{1 \times 501}{3} - 22,7$$

$$Wtm = 144,3 \text{ detik} = 2,41 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan agar tercapainya keserasian kerja, maka dari itu diperlukan kajian ulang mengenai produktivitas *excavator* dan *dump truck* kemudian dilakukan perhitungan ulang keserasian kerja.

4.3 Analisis

4.3.1 Jam Kerja

Jam kerja adalah waktu kerja yang digunakan untuk melakukan kegiatan operasi penambangan. Jam kerja akan besar apabila banyak waktu kerja semakin mendekati jumlah waktu yang tersedia. Perbaikan jam kerja dengan memperbaiki jam kerja pukul 08.00 Wib menjadi 07.30 Wib, kegiatan penambangan sudah harus beroperasi pada pukul 07.30 agar meminimalisir waktu non produktif sehingga tidak ada waktu kerja pada malam hari.

Tabel 9. Jam Kerja Rencana PT. Allied Indo Coal Jaya

Kegiatan (Senin-Kamis & Sabtu-Minggu)	Waktu	
	Jam (wib)	Waktu (menit)
Masuk kerja	7:00	0
Persiapan kerja	7:00 – 7:30	30
Kerja Produktif	7:30 - 12:00	270
Istirahat	12:00 - 13:00	60
Kerja Produktif	13:00 – 18:00	300
Pulang	18:00	0
Jumlah waktu tersedia		600
Waktu non produktif		30
Waktu produktif		570

Kegiatan (Jum'at)	Waktu	
	Jam (wib)	Waktu (menit)
Masuk kerja	7:00	0
Persiapan kerja	7:00 – 7:30	30
Kerja Produktif	7:30 - 12:00	240
Istirahat	12:00 - 13:30	90
Kerja Produktif	13:00 – 18:00	300
Pulang	18:00	0
Jumlah waktu tersedia		570
Waktu non produktif		30
Waktu produktif		540

4.3.2 Cycle time Excavator

Cycle time merupakan faktor yang sangat menentukan besarnya nilai produksi. Secara teoritis besar *cycle time* maksimal alat gali muat dengan persamaan type CAT 330D2 L *cycle time* dengan range swing angle $45^\circ - 135^\circ$ sebesar 18 - 27 detik. Sedangkan *cycle time* aktual di lapangan nilai rata – rata untuk CAT 330D 2L di pit barat adalah 22,7 detik. Faktor-faktor yang mempengaruhi *cycle time* alat gali muat antara lain:

4.3.2.1 Metode Loading

Metoda loading yang digunakan oleh operator tidak tetap, sehingga saat menggunakan metode bottom loading, *cycle time* alat gali muat akan lebih besar.

4.3.2.2 Tinggi Bench

Kondisi bench yang kurang ideal akan menyebabkan bertambahnya nilai dari *cycle time*, karena berpengaruh pada saat proses swing isi maupun swing kosong. Selain itu juga berpengaruh terhadap waktu digging, apabila tinggi bench kurang ideal maka akan memperbesar *cycle time* alat gali muat. Agar mendapatkan hasil galian yang maksimal, tinggi bench pijakan yang optimum yaitu antara 40%-95% dari kedalaman maksimum yang dapat dijangkau oleh *excavator* ^[9]. Jika tinggi bench terhadap material yang akan digali tidak memiliki tinggi yang mencukupi, akan sulit untuk mengisi *bucket* sampai penuh dalam satu kali passing.

Maksimal kedalaman penggalian adalah 4,29 meter, maka :

$$\text{Tinggi Bench} = 40\% \times 4,29 \text{ m} = 1,72 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bench} = 75\% \times 4,29 \text{ m} = 3,22 \text{ m}$$

Tinggi Bench yang direkomendasikan yaitu antara 1,72 meter sampai 3,22 meter. Dalam hal ini, pengawas dan operator harus terus berkoordinasi agar mendapatkan tinggi bench yang baik dan aman.

4.3.2.3 Swing angle

Swing angle merupakan sudut perputaran alat gali muat pada saat alat tersebut berayun baik dalam keadaan berisi maupun dalam keadaan kosong ^[10]. Pada kondisi aktual di lapangan besar swing angle selalu berubah-ubah antara $45^\circ - 135^\circ$. Dalam melakukan pengambilan data *cycle time excavator*, waktu edar berkisar 20,1 –

25,7 detik dengan rata-rata waktu edar 22,7 detik. Hal ini menyebabkan adanya variasi waktu edar alat gali muat CAT 330D2 L. Semakin besar swing angle yang digunakan maka waktu edarnya pun akan menjadi semakin besar dan begitu pula sebaliknya.

Dengan demikian perlu adanya pengurangan swing angle pada saat alat tersebut berproduktivitas dengan cara penempatan alat angkut dan alat gali muat yang ideal agar nilai swing angle tersebut dapat diperkecil seperti yang direkomendasikan <135° Waktu edar dapat berkurang dengan pengurangan Swing Angle menjadi <135°. Prediksi waktu yang berkurang untuk setiap derajat dapat dihitung menggunakan rumus [5]:

$$\text{Waktu yang dihemat} = \frac{2 \times \text{berkurangnya sudut putar}}{\text{sudut putaran}} \times \frac{1}{\text{rpm}}$$

Penulis melakukan perhitungan untuk pengurangan sudut loading 30° dan 50°.

$$\begin{aligned} \text{Waktu yang dihemat } 30^\circ &= \frac{2 \times \text{berkurangnya sudut putar}}{\text{sudut putaran}} \times \frac{1}{\text{rpm}} \\ &= \frac{2 \times 30}{360} \times \frac{1}{60/25,7} \\ &= 0,071 \text{ menit} = 4,2 \text{ detik} \end{aligned}$$

4.3.3 Cycle time Dump Truck

Perbaikan waktu edar dapat dilakukan untuk alat angkut dengan cara menambah kecepatan, berdasarkan spesifikasi alat angkut kecepatan maksimum alat adalah 86 km/jam dan jarak jalan angkut adalah 1000 m. Kecepatan rata – rata *dump truck* bermuatan yang diperbolehkan 30 km/jam dan kecepatan rata – rata *dump truck* tidak bermuatan 40 km/jam.

Hasil pengamatan selama dilapangan beserta data-data yang sudah didapatkan menunjukkan bahwa keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut tersebut belum serasi karena *match factor* yaitu < 1.

Jadi solusi atau pemecahan masalah tersebut, dicoba dengan menghitung kecepatan unit angkut yang seharusnya di perbolehkan yaitu dengan kecepatan 30 km/jam, dengan perhitungan [11]:

$$\begin{aligned} t &= \frac{d}{v} \\ d &= 2 \text{ km} \\ v &= 30 \text{ km/jam} \\ t &= \frac{2 \text{ km}}{30 \text{ km/jam}} = 4 \text{ menit (waktu pengangkutan dan kembali kosong)} \end{aligned}$$

Cta = Waktu *manuver loading* + waktu *loading* + waktu *manuver dumping* + waktu *dumping*, dari hasil *cycle time* terkecil ditambah waktu pengangkutan dan kembali kosong

$$\text{Jadi, Ct} = 16,7 + 92,6 + 26,5 + 22,5 + 240 = 391,3 \text{ detik} = 6,64 \text{ menit}$$

4.3.4 Perbaikan Jumlah Curah

Jumlah curah *bucket* saat menumpahkan material ke *dump truck* saat ini 5-7 kali curah, dalam pengamatan penulis bak *dump truck* belum terisi maksimal untuk 5 kali curah. Berdasarkan hand book *dump truck* kapasitas vessel *dump truck* 8 bcm dengan kapasitas *bucket*

excavator 2,12 m³

$$\text{Jumlah Curah} = \frac{\text{Kapasitas vessel}}{\frac{\text{Kapasitas Bucket} \times \text{Bff} \times \text{SF Material}}{8 \text{ bcm}}}$$

$$\text{Jumlah Curah} = \frac{2,12 \text{ m}^3 \times 0,774 \times 0,8}{8}$$

$$\text{Jumlah Curah} = \frac{8}{1,31} = 6$$

Jadi, jumlah curah untuk performa maksimal **6 kali** curah.

4.3.5 Evaluasi Produksi

4.3.5.1 Produksi Excavator

$$E = 89,6\%$$

$$I = 80\%$$

$$Kb = 2,12 \text{ m}^3$$

$$Bff = 77,4\%$$

$$Ctm = 21,5 \text{ detik (pengurangan swing angle } 30^\circ)$$

$$Pm = \frac{0,896 \times 0,8 \times 2,12 \text{ m}^3 \times 0,774}{21,5} \times 3600$$

$$Pm = 196,94 \text{ bcm/jam}$$

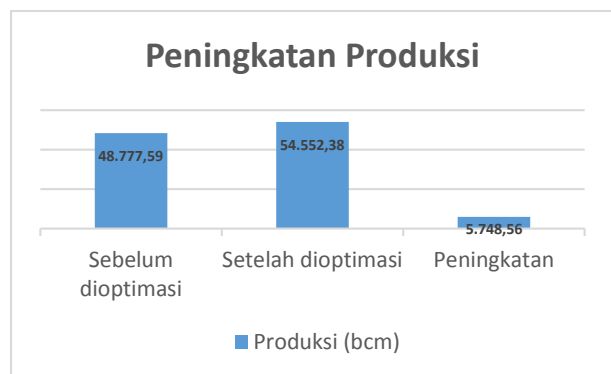
Dengan adanya penambahan waktu kerja diawal (15,5 jam) maka jam kerja efektif dalam 1 bulan menjadi 277 jam.

$$Pm = 196,94 \text{ bcm/jam} \times 277 \text{ jam} = 54.552,38 \text{ bcm/bulan}$$

sehingga target produksi *overburden* tercapai.

Tabel 10. Peningkatan Setelah Pengoptimalan Alat Gali Muat

Alat	Kondisi	Cycle time (detik)	Jam kerja efektif (jam)	Produksi (bcm)
Excavator CAT 330D2 L	Sebelum dioptimasi	22,7	261,5	48.777,59
	Setelah dioptimasi	21,5	277	54.552,38



Gambar 1. Grafik Peningkatan Produksi Setelah Pengoptimalan Alat Gali Muat

4.3.5.2 Produksi Dump truck

$$E = 87,2\%$$

$$I = 80\%$$

$$Kd = 2,12 \text{ m}^3$$

$$N = 6 \text{ (penambahan jumlah passing)}$$

$$Bff = 77,4\%$$

$$Ctm = 391,3 \text{ detik}$$

$$Pa = \frac{0,872 \times 0,8 \times 2,12m^3 \times 0,774 \times 6}{391,3} \times 3600$$

$$Pa = 63,19 \text{ bcm/jam}$$

Dengan adanya penambahan waktu kerja diawal (15,5 jam) maka jam kerja efektif dalam 1 bulan menjadi 274,25 jam.

$$Pa = 63,19 \text{ bcm/jam} \times 274,25 \text{ jam} \times 3 \text{ dump truck} = 51.989,57 \text{ bcm/bulan}$$

Karena total produksi alat angkut belum mencapai target produksi maka perlu ditingkatkannya efisiensi kerja alat angkut menjadi 91%. Maka:

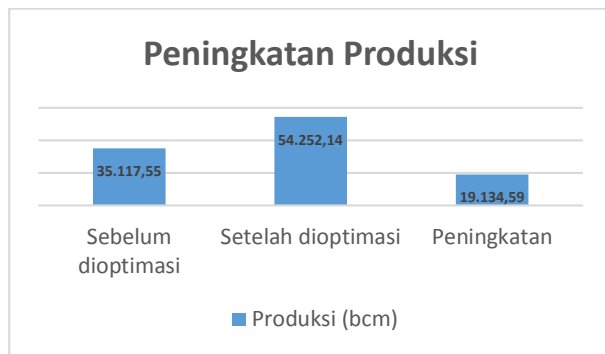
$$Pa = \frac{0,91 \times 0,8 \times 2,12m^3 \times 0,774 \times 6}{391,3} \times 3600$$

$$Pa = 65,94 \text{ bcm/jam}$$

$$Pa = 65,94 \text{ bcm/jam} \times 274,25 \text{ jam} \times 3 \text{ dump truck} = 54.252,14 \text{ bcm/bulan}$$

Tabel 11. Peningkatan Setelah Pengoptimalan Alat Angkut

Alat	Kondisi	Cycle time (detik)	Jumlah passing	Efisiensi kerja	Jam kerja (jam)	Produksi (bcm)
Dump truck HINO FM 260 JD	Sebelum dioptimasi	501	5,5	87,2 %	258,75	35.117,55
	Setelah dioptimasi	391,3	6	91 %	274,25	54.252,14



Gambar 2. Grafik Peningkatan Produksi Setelah Pengoptimalan Alat Angkut

4.3.5.3 Match Factor

$$Na = 3 \text{ dump truck}$$

$$CTm = 21,5 \text{ detik}$$

$$n = 6$$

$$CTa = 6,521 \text{ menit} = 391,3 \text{ detik}$$

$$Nm = 1$$

$$MF = \frac{Na \times CTm \times n}{CTa \times Nm}$$

$$MF = \frac{3 \times 21,5 \times 6}{391,3 \times 1}$$

$$MF = 0,99 = 1$$

Jadi, nilai MF = 1 berarti alat sudah serasi, sehingga tidak ada waktu tunggu yang terjadi pada alat gali muat dan alat angkut.

4.4 Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut

4.4.1 Alat Gali Muat Excavator CAT 330D2 L

4.4.1.1 Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar per jam = konsumsi bahan bakar x harga = 27,12 ltr/jam x Rp. 9.800 /ltr = Rp 265.776 /jam

4.4.1.2 Biaya Oli dan Grase

- Biaya oli mesin per jam = konsumsi oli mesin x harga = 0,06 ltr/jam x Rp. 23.515 /ltr = Rp 1.410,9 /jam
- Biaya oli hydraulic = konsumsi oli hydraulic x harga = 0,04 ltr/jam x Rp. 23.422 /ltr = Rp 936,88 /jam
- Biaya grase = konsumsi grase x harga = 0,016 pain/jam x Rp 990.000 /pain = Rp 15.840 /jam
- Total biaya oli dan grase = biaya oli mesin + biaya oli hydraulic + biaya grase = Rp 1.410,9 /jam + Rp 936,88 /jam + Rp 15.840 /jam = Rp 18.188 /jam

4.4.1.3 Biaya Filter

Biaya filter CAT 330D 2L berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Allied Indo Coal Jaya, filter oli yaitu Rp 513.000, filter minyak Rp 575.000 dan filter udara 259.500. Interval pergantian filter kurang lebih 500 jam pemakaian.

$$\text{Biaya Filter} = \frac{\text{Jumlah filter (unit)} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Interval pergantian filter (jam)}}$$

$$= \frac{(1 \times \text{Rp } 513.000) + ((1 \times \text{Rp } 575.000) + (1 \times 559.500))}{1400 \text{ jam}}$$

$$\text{Biaya Filter} = \text{Rp } 1.177 \text{ /jam}$$

$$\text{Biaya Filter} = \text{Rp } 1.177 \text{ /jam}$$

4.4.1.4 Gaji Operator

Gaji operator berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Allied Indo Coal Jaya yaitu Rp 30.000 per jam.

Dari hasil kalkulasi data yang didapatkan, maka didapat biaya operasional Excavator CAT 330D2 L pada tabel berikut.

Tabel 12. Biaya Operasional Alat Gali Muat

No	Keterangan	Biaya per jam
1	Bahan bakar	Rp 265.776
2	Oli dan grase	Rp 14.723
3	Filter	Rp 1.177
4	Gaji Operator	Rp 30.000
Total		Rp 311.676

4.4.2 Alat Angkut Hino 500 FM 260 JD

4.4.2.1 Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar per jam = konsumsi bahan bakar x harga = 9,81 ltr/jam x Rp. 9.800 /ltr = Rp 100.291 /jam

4.4.2.2 Biaya Oli dan Grase

- Biaya oli mesin per jam = konsumsi oli mesin x harga = 0,14 ltr/jam x Rp. 23.515 /ltr = Rp 3.292 /jam
- Biaya oli hydraulic = konsumsi oli hydraulic x harga = 0,1 ltr/jam x Rp. 23.422 /ltr = Rp 2.342 /jam
- Biaya grase = konsumsi grase x harga = 0,004 pain/jam x Rp 730.000 /pain = Rp 2.920 /jam
- Total biaya oli dan grase = biaya oli mesin + biaya oli hydraulic + biaya grase = Rp 3.292 /jam + Rp 2.342 /jam + Rp 2.920 /jam = Rp 8.554 /jam

4.4.2.3 Biaya Filter

Biaya filter CAT 330D 2L berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Allied Indo Coal Jaya, filter oli yaitu Rp 135.000, filter solar Rp 135.000. Interval pergantian filter kurang lebih 500 jam pemakaian.

$$\text{Biaya Filter} = \frac{\text{Jumlah filter (unit)} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Interval penggantian filter (jam)}}$$

$$\text{Biaya Filter} = \frac{(2 \times \text{Rp } 135.000) + (1 \times 215.000)}{1000 \text{ jam}}$$

$$\text{Biaya Filter} = \text{Rp } 485 /\text{jam}$$

4.4.2.4 Biaya Ban

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian ban} &= \frac{\text{Jumlah Ban} \times \text{Harga Ban (Rp)}}{\text{Umur (Jam)}} \\ &= \frac{10 \times \text{Rp } 5.320.000}{6000 \text{ jam}} \\ &= \text{Rp } 8.867 /\text{jam} \end{aligned}$$

4.4.2.5 Gaji Operator

Gaji operator berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Allied Indo Coal Jaya yaitu Rp 30.000 per jam.

Dari hasil kalkulasi data yang didapatkan, maka didapat biaya operasional *Dump truck* HINO 500 FM 260 JD pada tabel berikut.

Tabel 13. Biaya Operasional *Dump truck*

No	Keterangan	Biaya per jam
1	Bahan bakar	Rp 96.138
2	Oli dan grase	Rp 8.554
3	Filter	Rp 485
4	Ban	Rp 8.867
5	Gaji Operator	Rp 30.000
Total		Rp 144.044

4.4.3 Perhitungan Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Berdasarkan besaran biaya operasional (*operational cost*) dari masing – masing alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L dan *dump truck* HINO FM 260 JD yang telah didapat, besaran biaya operasional alat gali muat dan alat angkut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 14. Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut

No	Alat	Jam kerja efektif	Biaya operasional per jam	Jumlah unit	Total biaya operasional
1	CAT 330D2 L	261,5 jam	Rp 311.676	1	Rp 81.503.274
2	Hino FM 260 JD	258,75 jam	Rp 144.044	3	Rp 111.814.155
Total biaya operasional					Rp 193.317.429
Biaya operasional alat gali muat dan alat angkut untuk mengupas 1 bcm OB					Rp 3.963 /bcm
= $\frac{\text{total biaya produksi}}{\text{produksi overburden per bulan}}$					
= $\frac{\text{Rp } 193.317.429}{48.777,59}$					

4.4.4 Perhitungan Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut Setelah Perbaikan Jam Kerja

Berdasarkan besaran biaya operasional (*operational cost*) dari masing – masing alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L dan *dump truck* HINO FM 260 JD yang telah didapat, besaran biaya operasional alat gali muat dan alat angkut setelah dilakukan perbaikan jam kerja dan teknis pekerjaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 15. Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut

No	Alat	Jam kerja efektif	Biaya operasional per jam	Jumlah unit	Total biaya operasional
1	CAT 330D2 L	277 jam	Rp 311.676	1	Rp 86.334.252
2	Hino FM 260 JD	274,25 jam	Rp 144.044	3	Rp 118.512.201
Total biaya operasional					Rp 204.846.453
Biaya operasional alat gali muat dan alat angkut untuk mengupas 1 bcm OB					Rp 3.755 /bcm
$= \frac{\text{total biaya produksi}}{\text{produksi overburden per bulan}}$					
$= \frac{\text{Rp 204.846.453}}{54.552,38}$					

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Produktivitas alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L secara teoritis adalah 186,53 bcm/jam dan 48.777,59 bcm/bulan, setelah dilakukan perbaikan jam kerja dan *swing angle excavator* produktivitas menjadi 196,94 bcm/jam dan produksi mencapai 54.552,38 bcm/bulan.
2. Produktivitas alat angkut *dump truck* Hino FM 260 JD secara teoritis adalah 45,24 bcm/jam dan 35.117,55 bcm/bulan, setelah dilakukan perbaikan jam kerja dan penambahan jumlah *passing bucket excavator* serta peningkatan efisiensi kerja produktivitas menjadi 66,23 bcm/jam dan produksi mencapai 54.252,14 bcm/bulan.
3. Keserasian kerja (*match factor*) aktual alat gali muat dan alat angkut yang rendah yaitu 0,75 untuk *excavator* CAT 330D2 L dengan *dump truck* Hino FM 260 JD, ini menyebabkan adanya waktu tunggu bagi alat gali muat. Untuk mencapai keserasian kerja (*match factor*) = 1 atau mendekati satu, dilakukan pengoptimalan *cycle time* alat angkut dan penambahan jumlah *passing excavator* sehingga *match factor* mencapai 0,99.
4. Biaya operasional sebelum dilakukan perbaikan jam kerja untuk 1 unit alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L pada kegiatan pengupasan *overburden* adalah Rp 80.727.201 dan 3 unit *dump truck* Hino FM 260 JD adalah Rp 193.317.429 sehingga didapat biaya untuk mengupas 1 bcm *overburden* sebesar Rp 3.963 /bcm.
5. Biaya operasional setelah dilakukan perbaikan jam kerja untuk 1 unit alat gali muat *excavator* CAT 330D2 L pada kegiatan pengupasan *overburden* adalah Rp 85.558.179 dan 3 unit *dump truck* Hino FM 260 JD adalah Rp 204.846.453 sehingga didapat biaya untuk mengupas 1 bcm *overburden* sebesar Rp 3.755 /bcm.

5.2 Saran

1. Untuk mengoptimalkan produksi alat gali muat dan alat angkut diperlukan perubahan pada *swing angle excavator* menjadi <105°, jumlah pengisian *bucket excavator* menjadi 6 kali pengisian.
2. Diperlukan perbaikan jam kerja diawal untuk meminimalisir lost time.
3. Diperlukan pengawasan terhadap keserasian alat gali muat dan alat angkut agar tidak terjadi waktu tunggu pada alat gali muat maupun alat angkut.
4. Diperlukan pelebaran jalan agar meminimalisir hambatan pada alat angkut sehingga terjadi peningkatan efisiensi kerja alat angkut.

Daftar Pustaka

- [1] Prodjosumarto, Partanto. 1995. Pemindahan Tanah Mekanis. *ITB : Bandung*.
- [2] Rochmanhadi. 1992. Alat-alat Berat dan Penggunaannya. Departemen Pekerjaan Umum.
- [3] Caterpillar. 2004. Caterpillar Performance Handbook 30th Edition. *Caterpillar Inc: Amerika*.
- [4] Pfleider, Eugene .P. 1972. Surface Mining 1st Edition. *New York : The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum*.
- [5] Indonesianto, Yanto. 2015. Pemindahan Tanah Mekanis. *UPN "Veteran" : Yogyakarta*.
- [6] Tenriajeng, Andi Tenrisukki. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. *Gunadarma : Jakarta*.
- [7] Yusuf, A. Muri. 2005. "*Metodologi Penelitian*". Padang: UNP Press.
- [8] Agustino, Yugo. 2018. Evaluasi Optimalisasi Alat Gali Muat dengan Metoda overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Memenuhi Target Produksi Batubara Bulan Maret 2018 di Pit 1 Utara Bangko Barat PT. Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Bina Tambang 3(1)*
- [9] Peurifoy, R. L dkk. 2002 . Construction Planning, Equipment, and Methods Seventh Edition . *New York : McGraw-Hill Companies, Inc*.
- [10] Khair, A., Triantoro, A., Riswan, R., & Hidayat, W. N. 2019. Evaluasi Pencapaian Target Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Aktivitas Pemindahan Overburden Di Pit1 Blok15 Pt Rimau Energy Mining, Site Putut Tawuluh. *Jurnal Himasapta, 4(01)*.
- [11] Anisari, Rezky. 2012. Keserasian Alat Muat dan Angkut Untuk Kecapaian Target Produksi Pengupasan Batuan Penutup Pada PT. Adaro Indonesia Kalimantan Selatan. *POROS TEKNIK, 4(1)*.