

Evaluasi match factor alat gali-muat dan angkut untuk meningkatkan produktivitas stripping overburden PT Cipta Kridatama

Match factor evaluation of excavating and hauling equipment to increase PT Cipta Kridatama's overburden stripping productivity

Dayu Anggara^{1*}, Franto², Guskarnali³

¹⁻³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Jl. Merdeka No.4 Balunijuk, Merawang, Kep. Bangka Belitung 33126, Telp. 0717-422145, Indonesia
e-mail: ^{*}1dayuanggara197@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di PT Cipta Kridatama *site* Dizamatra Powerindo Lahat pada *stripping overburden* Fleet CE4226 SW Timur menggunakan kombinasi 1 Excavator CAT 395 memuat 3 OHT CAT 775 dan 2 OHT CAT 773. Nilai produktivitas fleet sudah mencapai target perusahaan, namun dalam pelaksanaannya terdapat *delay time* sehingga perlu adanya perbaikan *match factor* tanpa menambah alat mekanis dan biaya produksi. Metode penelitian adalah metode deskriptif kuantitatif, analisis perhitungan *match factor* berdasarkan *cycle time* dan jumlah alat yang beroperasi, data diambil lebih dari 30 data dalam sebulan pada Bulan Februari 2023. Data primer berupa data *cycle time* alat gali-muat dan alat angkut, geometri jalan, sedangkan data sekunder terdiri dari spesifikasi alat, peta pit penambangan dan waktu kerja. Jarak loading point ke disposal IPD Asta berjarak 1.500 meter. Hasil rekapitulasi data dan perhitungan menghasilkan nilai *delay time* sebesar ± 2 menit, Efektivitas kerja alat sebesar 75%, dan *match factor* sebesar 0,9 (terdapat waktu tunggu pada alat gali-muat). Usaha perbaikan *match factor* dengan melakukan pengurangan jumlah passing 1 kali pengisian, sehingga meminimalkan waktu tunggu maksimal 1 menit serta mengurangi penggunaan alat angkut menjadi 4 unit didapatkan *match factor* 0,92 hingga 1,04.

Kata-kata kunci: *cycle time, delay time, efisiensi kerja, overburden*

ABSTRACT

This research was carried out at PT Cipta Kridatama *site* Dizamatra Powerindo Lahat on *stripping overburden* on Fleet CE4226 SW East (combination of 1 CAT 395 Excavator, 3 OHT CAT 775, and 2 OHT CAT 773). The fleet productivity has reached the target, but in implementation there is a *delay time*, so it is necessary to improve *match factor* without increasing the use of equipment and production costs. The research method is a quantitative descriptive method, analyzing *match factor* calculations based on *cycle time* and number of operation equipment. Data was taken from more than 30 data during February 2023. Primary data consists of *cycle time* for digging and loading equipment, road geometry, while secondary data consists of equipment specifications, mining pit maps and working time. The distance from loading point to IPD Asta disposal is 1,500 meters. The results of data recapitulation and calculations produce *delay time* of 2 minutes, work effectiveness of 75%, and *match factor* of 0.9 (there is a waiting time for the dig-loading equipment). Efforts to improve *match factor* by reducing one filling time thereby minimizing *delay time* to maximum of 1 minute and reducing the use of hauling equipment to 4 units, obtained a *match factor* of 0.92 to 1.04.

Keywords: *cycle time, delay time, overburden, work effectiveness*

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya mineral dan batubara yang tersebar di beberapa wilayah Indonesia diantaranya Kalimantan dan Sumatera. Cadangan batubara Indonesia saat ini mencapai 38,84 miliar ton. Dengan rata-rata produksi batubara sebesar 600 juta ton per tahun, maka umur cadangan batubara masih 65 tahun apabila diasumsikan tidak ada temuan cadangan baru. Dengan cadangan batubara yang dimiliki Indonesia sangat besar, maka pelaku industri di sektor pertambangan batubara di Indonesia berusaha untuk meningkatkan kualitas produksi dan berupaya melakukan perbaikan untuk mencapai target produksi sesuai kebutuhan pasar, salah satunya adalah PT Cipta Kridatama. PT Cipta Kridatama mulai berdiri sejak 8 April 1997 yang merupakan pelebaran sayap dari PT Trakindo Utama yang bergerak di bidang jasa penyewaan alat berat. Kemudian pada tahun 2002 PT Cipta Kridatama mengubah arah bisnis menjadi jasa pertambangan yang terintegrasi dari 'hulu ke hilir', hal ini dipicu oleh industri pertambangan yang melaju sangat pesat di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan di PT Cipta Kridatama yang berlokasi di *site* DMP, Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Produksi di PT Cipta Kridatama saat ini sudah dikatakan baik, beberapa kali target produksi sudah tercapai di Bulan Februari 2023. Namun pelaksanaan kegiatan *stripping overburden* terdapat waktu tunggu (*delay time*) alat gali-muat terhadap alat angkut. Nilai *delay time* bervariasi antara 2-6 menit dalam 1 kali ritasi alat angkut. Evaluasi *match factor* perlu dilakukan untuk mengurangi *delay time* serta mengevaluasi jumlah penggunaan alat gali-muat dan alat angkut agar produksi meningkat tanpa harus menambah biaya produksi pada *stripping overburden*. Produktivitas alat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi tempat kerja, *swell factor* material, kondisi jalan angkut, *bucket fill factor*, pola pemuatan, efisiensi kerja, waktu edar (*cycle time*) dan *match factor*. Kemudian produktivitas alat juga tergantung pada jenis alat dan metode kerja dalam menyelesaikan pekerjaan faktor-faktor inilah yang mempengaruhi produktivitas alat.

METODOLOGI

Penelitian akan dilakukan dengan beberapa tahapan meliputi studi literatur, pengamatan lapangan, pengambilan dan validasi data, pengolahan dan analisis data.

1. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memperkuat data-data yang akan diolah dan dianalisis pada saat penelitian. Bahan-bahan pustaka yang menunjang diperoleh dari instansi terkait, skripsi, jurnal, penelitian sebelumnya dan buku sehingga dapat dijadikan acuan dalam penelitian analisis investasi alat gali-muat dan angkut di PT Cipta Kridatama *site* DMP.

2. Pengamatan lapangan

Pengamatan lapangan dilakukan untuk mengamati dengan cermat mengenai evaluasi investasi alat gali-muat dan angkut. Observasi ini dilakukan dengan mengunjungi lokasi yaitu PT Cipta Kridatama *site* DMP, Desa Kebur, Merapi Barat, Lahat, Provinsi Sumatera Selatan untuk mendokumentasikan kondisi lapangan, kondisi areal tambang dan alat gali-muat serta alat angkut sebagai penunjang penelitian.

3. Pengambilan dan Validasi Data

Pengambilan data dilakukan di PT Cipta Kridatama *site* DMP dengan tujuan mendapatkan keakurasian data agar sesuai dengan yang diinginkan. Pengambilan data merupakan tahapan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam melakukan penelitian. Data yang dikumpulkan dalam tahap pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan sumber data penelitian yang dapat diperoleh secara langsung di lokasi penelitian, data tersebut berupa pengamatan langsung di lapangan yang berupa wawancara dan data yang diambil secara langsung dari pengukuran di lapangan yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Data yang akan diambil sebagai data primer adalah sebagai berikut:

1. Data waktu edar (*cycle time*) alat gali-muat dan alat angkut yang nantinya akan dilakukan pengambilan data ± 30 data, seperti :
 - a. Alat gali-muat seperti, pengamatan *digging*, waktu *swing* isi, waktu *dumping* dan waktu *swing* kosong.
 - b. Alat angkut seperti, waktu putar (*manuver*), waktu pengisian, waktu angkut, waktu menumpah (*dumping*) dan kembali kosong.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja alat mekanis, seperti faktor pengisian (*fill factor*), faktor pengembangan (*swell factor*), faktor kondisi lapangan seperti geometri jalan dan kondisi front *loading*.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh melalui pihak lain dan bersifat saling melengkapi dan diperoleh dari dokumen-dokumen serta studi literatur dapat berupa jurnal-jurnal, penelitian terdahulu dan skripsi terdahulu. Dengan kata lain, peneliti membutuhkan pengumpulan data dengan cara berkunjung ke perpustakaan, pusat kajian, pusat arsip atau membaca banyak buku yang berhubungan dengan penelitian. Data yang akan diambil sebagai data sekunder untuk menunjang data primer adalah sebagai berikut:

1. Data perusahaan mengenai spesifikasi alat gali-muat dan alat angkut yang digunakan di PT Cipta Kridatama *site* DMP.
2. Data Geometri jalan yang berisikan lebar jalan dan *grade* jalan.
3. Data perusahaan mengenai target produksi batubara yang ditetapkan PT Cipta Kridatama *site* DMP Lahat.
4. Data *software* dan peta lokasi Pit dari *front loading* ke *disposal*.
5. Waktu operasional kerja di PT Cipta Kridatama *site* DMP Lahat.

4. Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul kemudian diolah dan dihitung. Tahapan proses ini mencakup:

- a. Perhitungan geometri jalan yang terdiri dari lebar jalan dan *grade* jalan.
- b. Perhitungan Waktu Kerja Efektif Alat Gali-Muat dan Angkut.
- c. Penentuan *Swell Factor*.
- d. Penentuan *Fill Factor*.
- e. Perhitungan *Cycle Time* Alat Gali-Muat dan Angkut.
- f. Perhitungan Produktivitas Alat Gali-Muat
- g. Perhitungan Produktivitas Alat Angkut
- h. Perhitungan *Match Factor* (Keserasian Alat Gali-Muat dan Angkut)

5. Analisis data

Analisis data dibagi dalam beberapa tahapan dengan rincian kegiatan dalam setiap tahapannya menyesuaikan dengan kebutuhan dan keperluan penelitian berdasarkan subjek yang diteliti. Tahapan analisis dalam penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis kondisi aktual di lapangan serta faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat selama melakukan pengupasan *overburden*.
- b. Menganalisis data-data yang telah dikumpulkan, baik data primer maupun data sekunder. Dari data-data tersebut akan didapatkan *cycle time* aktual di lapangan baik alat gali-muat maupun alat angkut, kemudian dari *cycle time* tersebut didapatkan nilai produktivitasnya kemudian dibandingkan dengan target dari perusahaan.
- c. Setelah *cycle time*, produktivitas, *match factor* alat serta faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas di lapangan telah didapatkan dan diidentifikasi, peneliti mulai melakukan perhitungan *match factor* yang ideal untuk diterapkan di lapangan.
- d. Tahap penentuan keputusan, dari data-data yang telah di kumpulkan, di tabulasi dan di deskripsikan kemudian di tarik kesimpulan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi *cycle time* serta usaha perbaikan *match factor* dalam menentukan penggunaan alat untuk meningkatkan produktivitas alat gali-muat dan angkut serta mengurangi waktu tunggu.

HASIL DAN DISKUSI

1. Tinjauan Lokasi Penambangan

1.1 Kondisi Front Penambangan

Lokasi penelitian dan pengambilan data berada di PT Cipta Kridatama *site* Dizamatra Powerindo Lahat Fleet CE4226 SW Timur. Pengupasan *overburden* dilakukan oleh Excavator Caterpillar 395 dengan bantuan dozer untuk penggemburan (*ripping*). Pada kegiatan *ripping* dilakukan untuk material *overburden* yang agak keras. Untuk material *topsoil* ataupun *sub soil* langsung dilakukan penggalian oleh excavator tanpa *ripping* oleh dozer.

Alat angkut yang digunakan untuk memindahkan material *overburden* menggunakan 2 spesifikasi yaitu OHT CAT 773 dan OHT CAT 775. Pemindahan material juga dibedakan berdasarkan jenis material, material *top soil* atau sub soil di angkut oleh *dump truck*, sedang material *overburden* diangkut oleh *Off High-Way Dump Truck* (OHT). Untuk material *overburden* di angkut oleh alat angkut ke *disposal* dengan jarak antara *front loading overburden* Fleet CE4226 menuju *disposal* IPD Asta berjarak $\pm 1,5$ km yaitu dikisaran antara 1.300-1.500 m. Luas *front loading* terkadang mengalami penyempitan ± 15 m, ukuran idealnya adalah minimal 36 meter (berdasarkan kebijakan perusahaan). Sedangkan luas *disposal* berdasarkan pengamatan di lapangan sudah memadai dengan lebar area lebih dari 60 meter, sehingga untuk kondisi hambatan yang ada *disposal* sangatlah rendah.

1.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat

Berikut ini adalah beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat gali-muat dan angkut pada kegiatan pengupasan *overburden*.

1. Kondisi *front loading*

Kondisi *front loading* adalah salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas alat gali-muat dan alat angkut. Semakin ideal *front* (minimal 36 meter kebijakan dari perusahaan) maka akan semakin mempermudah alat angkut melakukan persiapan *manuver* atau *loading* serta *cycle time* menjadi lebih rendah. Lokasi pengupasan pada *front loading* di Fleet CE4226 SW Timur terkadang mengalami penyempitan dikarenakan area *loading* berada di tepi jalan angkut serta berada di tepi tebing yang curam. Kondisi *front loading* paling lebar adalah 36 m dan terkadang mengalami penyempitan hingga 15 m, sehingga untuk OHT yang mempunyai rentang *turning radius* 23,5 meter dengan kondisi area kerja yang sempit akan mengalami hambatan. Hal ini menyebabkan OHT kesulitan untuk melakukan *manuver* serta harus berbagi area dengan OHT lain dan *dozer* yang sedang melakukan *ripping*.

2. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Setiap material mempunyai faktor pengembangan yang berbeda-beda. Berdasarkan pengamatan dan ketentuan dari Perusahaan, untuk faktor pengembangan ditetapkan sebesar 0,85 karena jenis material termasuk tanah liat kering. Faktor pengembangan (*swell factor*) dipengaruhi oleh densitas material. Nilai densitas material dan *swell factor* tidak dapat dilakukan perubahan, karena sifat bawaan material tersebut.

3. *Fill Factor*

Bucket fill factor merupakan faktor yang menunjukkan kemampuan kapasitas nyata pada *bucket* alat muat untuk melakukan pemuatan ke alat angkut. Nilai *bucket fill factor* dari alat muat Excavator Caterpillar 395 berdasarkan pengamatan langsung sebesar 98,55% atau dibulatkan 100%. Nilai *bucket fill factor* dipengaruhi oleh jenis material, kondisi tumpukan material dan kemampuan operator mengoperasikan alat muat. Nilai *fill factor* Excavator Caterpillar 395 sudah dikategorikan baik.

4. Pola pemuatan pada *Front Loading*

Pola pemuatan yang diterapkan adalah pola *single back up*. Pola pemuatan ini diterapkan mengingat kondisi lebar *front loading* yang terkadang mengalami penyempitan (sempit). Berdasarkan posisi Excavator Caterpillar 395 (alat gali-muat) terhadap OHT Caterpillar 773 dan 775 (alat

angkut), metode yang digunakan adalah metode normal *loading*, posisi *excavator* lebih tinggi dibandingkan OHT. Tinggi rendahnya *cycle time* alat gali-muat sangat dipengaruhi metode dan posisi dari metode pemuatan yang digunakan dalam *fleet*, metode pemuatan yang diterapkan di Fleet CE4226 SW Timur dikatakan sudah memenuhi dari kebijakan/standar dari perusahaan.



Gambar-1. Kondisi kegiatan *loading* pada *front loading*

5. Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan angkut harus diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya. Bila kondisi jalan sesuai dengan standar maka *cycle time* alat angkut akan semakin rendah. Geometri jalan mempunyai banyak parameter, namun dalam penelitian ini hanya mengevaluasi lebar jalan angkut dan kemiringan (*grade*) jalan.

a. Lebar Jalan Angkut

Berdasarkan pengamatan di lapangan, jalan angkut yang digunakan OHT untuk mengangkut material dari *front loading* menuju *disposal* menggunakan jalan dua jalur, sehingga berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, untuk lebar jalan seharusnya $3\frac{1}{2}$ kali lebar alat angkut terbesar pada 2 jalur. Ada beberapa tipe alat angkut yang digunakan di PT Cipta Kridatama *site* Dizamatra Powerindo Lahat Sumatera Selatan, namun alat angkut yang mempunyai ukuran, tipe dan lebar paling besar adalah *Off High-Way* Caterpillar 775.

Lebar operasional (*operating width*) OHT CAT 775 berdasarkan spesifikasi dari Handbook Caterpillar sebesar 5,25 meter, sehingga lebar standar jalan angkut adalah $3\frac{1}{2}$ dari 5,25 meter sebesar 18,375 meter.

Untuk jalan angkut dari *front loading* ke *disposal* dibagi menjadi 10 segmen, segmen A-J. Untuk jarak setiap segmen ± 100 meter. Dalam proses pengambilan data lebar jalan aktual ditentukan dengan bantuan *software* pertambangan, dikarenakan peneliti tidak diperkenankan mengukur langsung di lapangan.

b. Kemiringan (*Grade*)

Nilai kemiringan (*grade*) jalan, dikarenakan dalam pengambilan data tidak diperkenankan mengukur langsung di lapangan, sehingga untuk menentukan *grade* jalan aktual menggunakan *software* pertambangan. Selain itu juga, peneliti melakukan pengamatan langsung di lapangan untuk memvalidasi antara data *software* pertambangan dengan kondisi aktual di lapangan, maka untuk *gradient string* cenderung landai, sehingga untuk kemiringan rata-rata dari *front loading* menuju *disposal* tidak terlihat bagian jalan yang curam.

Jalan angkut dari *front loading* Fleet CE4226 SW Timur ke *disposal* IPD Asta dibagi menjadi 10 segmen, segmen A, B, C, D, E, F, G, H, I dan J untuk mempermudah dalam penentuan nilai *grade* jalan. Data yang diperlukan

adalah data beda tinggi (ΔH) per segmen dalam satuan meter dan jarak datar (ΔX) dalam satuan meter per segmen. Bila berdasarkan standar menurut Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 *grade* jalan maksimal sebesar 12%, dan yang ditunjukkan setiap segmen mempunyai *grade* jalan aktual di bawah 12%, sehingga *grade* jalan dari *front loading* menuju *disposal* dianggap sudah memenuhi standar.

6. Cycle Time

Cycle time berpengaruh dalam kemampuan produksi alat gali-muat dan angkut. *cycle time* tersebut dipengaruhi oleh kemampuan operator alat namun dalam penelitian ini untuk kemampuan operator di abaikan (memiliki kemampuan yang sama), kondisi *front* penambangan dan kondisi jalan tambang yang ada. Standar dari *cycle time* Excavator Caterpillar 395 dari perusahaan adalah sebesar 22 detik, namun berdasarkan pengamatan *cycle time* excavator rata-rata di lapangan sebesar 25 detik. Serta ketika pengamatan terdapat waktu antri (*delay time*) sebesar ± 2 menit sehingga *cycle time* alat semakin besar. Adanya *delay time* dikarenakan perputaran alat angkut yang tidak *continue*, waktu *slippery* (seperti perbaikan jalan, penyemprotan jalan, hujan).

7. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan persentase perbandingan antara waktu kerja efektif dan waktu kerja yang tersedia. Efisiensi kerja untuk alat muat sebesar 75% dan untuk alat angkut sebesar 76%. Nilai efisiensi kerja dapat ditingkatkan dengan meningkatkan waktu kerja efektif. Nilai efisiensi kerja tersebut belum relatif tinggi walaupun sudah memenuhi standar dari perusahaan, namun tetap perlu adanya peningkatan waktu kerja efektif dengan cara mengurangi *delay time*, keterlambatan kerja, berhenti bekerja sebelum waktunya dan penggantian *shift*. Hal tersebut dapat dilakukan sehingga dapat meningkatkan waktu kerja efektif dan efisiensi kerja.

8. Match Factor

Berdasarkan data hasil pengamatan *cycle time* dan jumlah alat yang digunakan, nilai MF sebesar 0,9 dengan *cycle time* Excavator Caterpillar 395 sebesar 25 detik dan banyaknya pengisian sebanyak 5 kali untuk OHT CAT 773 dan 6 kali untuk OHT CAT 775. Serta untuk *cycle time* alat angkut masing-masing sebesar 786 detik untuk OHT CAT 773 dan 768 detik untuk OHT CAT 775. Hal ini menandakan kinerja alat gali-muat kurang optimal, sehingga terdapat waktu tunggu sebesar ± 2 menit/ritasi dan mengurangi efisiensi kerja secara sistem.

2. Perhitungan Produktivitas Alat

2.1. Cycle Time Alat

Berdasarkan pengambilan data $\pm$ selama 1 bulan (Februari 2023) untuk data *cycle time* alat gali-muat dan angkut, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata, sehingga didapatkan *cycle time* alat gali-muat dan angkut sebagai berikut:

1. Cycle Time Excavator Caterpillar 395.

Pengambilan data *cycle time* alat gali-muat (Excavator Caterpillar 395) dilakukan pada saat alat gali-muat melakukan proses *loading* material *overburden* pada alat angkut di *front loading* Fleet CE4226 SW Timur. *Cycle time* yang diperoleh merupakan *cycle time* rata-rata dari 413 data yang diambil ketika alat sedang melakukan proses *loading* material *overburden* pada Fleet CE4226 SW Timur.

2. Cycle Time OHT CAT 773 dan 775

Pengamatan *cycle time* alat angkut OHT Caterpillar 773 dan 775 diambil bersamaan dengan *cycle time* alat gali-muat, diantaranya waktu ketika melakukan *loading*, waktu *hauling*, *dumping*, *manuver* dan *delay time*. Nilai waktu *hauling*, *dumping*, *manuver* di disposal dan waktu kembali (*returning*) disatukan, karena dalam pengambilan data *cycle time* alat angkut, peneliti tidak diperkenankan untuk ikut dengan alat angkut, sehingga peneliti hanya mengambil data alat angkut pergi dan waktu kembali ke *front loading* Fleet CE4226 SW Timur. Dari nilai waktu datang dan pergi alat tersebut, kemudian dibagi 2 untuk menentukan kecepatan rata-rata alat angkut, sehingga didapatkan nilai kecepatan rata-rata alat angkut dalam perjalanan sebesar 21,6 km/jam (OHT CAT 773) dan 23 km/jam (OHT CAT 775). Sedangkan standar perusahaan untuk kecepatan alat angkut ditetapkan sebesar 27 km/jam. Nilai total rata-rata *cycle time* OHT CAT 773 sebesar 13,1 menit/ritasi (786 detik) dari 81 data dan *cycle time* OHT CAT 775 sebesar 12,8 menit/ritasi (768 detik) dari 111 data.

2.2. Produktivitas Alat

Produktivitas merupakan kemampuan alat dalam mencapai hasil yang optimal dalam satuan BCM/jam, artinya dalam suatu alat dapat menghasilkan suatu hasil BCM dalam 1 jam. Berdasarkan nilai *cycle time* rata-rata yang telah didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan produktivitas alat secara aktual dengan menggunakan 1 alat gali-muat dan 5 alat angkut sebagai berikut:

1. Produktivitas Excavator Caterpillar 395

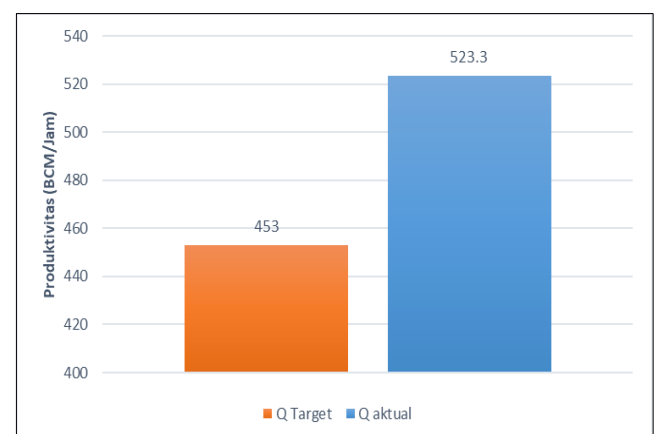
Setelah didapatkan data *cycle time* dan dilakukan perhitungan produktivitas Excavator Caterpillar 395 kemudian dilakukan perbandingan dengan target yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Tabel-1. *Cycle time* Excavator Caterpillar 395 (dalam detik)

Unit	Digging	Fill swing	Dumping	Empty swing	Cycle time
CAT 395	12,30	5,84	3,52	3,30	25

Tabel-2. Waktu kerja OHT CAT 773 dan 775 (dalam menit)

Unit	n	Loading	Hauling, dumping, returning	Manuver kosong	Delay time	Waktu kerja
CAT 773	5	2,1	8,3	0,3	2,3	13,1
CAT 775	6	2,5	7,8	0,3	2,0	12,7



Gambar-2. Produktivitas target dan aktual Excavator CAT 395

Nilai produktivitas alat gali-muat sudah melebihi target perusahaan yaitu sebesar 453 BCM/jam dengan produktivitas aktual dilapangan sebesar 523,3 BCM/jam, sehingga untuk persentasenya meningkat sebesar 15,5% dari target yang sudah ditetapkan perusahaan (Gambar-2).

2. Produktivitas OHT Caterpillar 773 dan 775

Kemudian untuk produktivitas alat angkut OHT CAT 773 dan OHT CAT 775 masing-masing yang telah ditunjukkan pada Tabel-3.

Berdasarkan data diatas, didapatkan produktivitas OHT Caterpillar 773 sebesar 84,3 BCM/jam, sedangkan produktivitas OHT Caterpillar 775 sebesar 103,6 BCM/jam. Kondisi di lapangan, adanya kombinasi OHT yang digunakan adalah 3 OHT CAT 775 dan 2 OHT CAT 773. Nilai produktivitas total kombinasi tersebut sebesar 479,4 BCM/jam, sehingga perlu adanya perbaikan jumlah alat angkut karena untuk produktivitas aktual Excavator CAT 395 sebesar 523,3 BCM/jam.

2.3. Match Factor Alat

Faktor keserasian kerja (*match factor*) merupakan salah satu faktor penentu dalam tercapainya target produksi yang telah ditetapkan perusahaan serta meningkatkan produksi alat. Kombinasi alat yang digunakan dilapangan pada Fleet CE4226 SW Timur adalah 1 unit Excavator CAT 395 dengan 5 unit OHT (3 OHT CAT 775 dan OHT CAT 773), tergantung dengan kondisi dilapangan dan jarak antara *front loading* ke *disposal*. Dengan hasil produksi sebesar 479,4 BCM/jam dan *match factor* sebesar 0,9, sehingga perlu dilakukan evaluasi agar produksi dapat ditingkatkan tanpa perlu adanya menambah biaya produksi, yaitu dengan mengurangi waktu tunggu atau *delay time* berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi *cycle time* alat angkut seperti *fill factor*, kondisi jalan angkut dan kecepatan alat angkut.

Pada Tabel-4, nilai *match factor* pada kegiatan pengupasan *overburden* berdasarkan jumlah keseluruhan alat sesuai dengan kombinasi aktual dilapangan sebesar 0,9. Nilai MF < 1, artinya alat angkut bekerja penuh, sedangkan alat gali-muat mempunyai waktu tunggu. Perhitungan *match factor* aktual.

Tabel-3. Produktivitas OHT Caterpillar 773 dan 775

Unit	Fill factor	Swell factor	Efisiensi kerja	Produktivitas (BCM/jam)
CAT 773	1	0,85	0,76	84,3
CAT 775	1	0,85	0,76	103,6

Tabel-4. Match factor

Unit	Jumlah unit		Match factor	Match factor total
	Gali-muat	Angkut		
CAT 775	1	3	0,59	0,90
CAT 773		2	0,32	

3. Usaha Perbaikan Match Factor

Berdasarkan perhitungan dan analisis diatas, kemudian dilakukan usaha perbaikan *match factor* antara alat gali-muat dan alat angkut pada pengupasan *overburden*. Salah satu faktor yang dapat dilakukan perbaikan adalah *cycle time* alat, bila dilihat pada tabel-3, nilai *cycle time* OHT CAT 775 sebesar 786 detik dengan jumlah pengisian sebanyak 6 kali pengisian/ritasi dan OHT CAT 773 sebesar 786 detik sebanyak 5 kali pengisian/ritasi. Sehingga perlu di analisis jumlah pengisian untuk dapat

dikurangi, sehingga *cycle time* alat lebih rendah serta *cycle time* angkutnya.

1. Perbaikan jumlah pengisian bucket.

Sebelum dilakukan perbaikan, jumlah pengisian bucket aktual di lapangan sebanyak 6 kali pengisian pada OHT CAT 775 dan 5 kali pengisian pada OHT CAT 773 dengan *fill factor* alat angkut masing-masing sebesar 80% (0,8). Pada kondisi tertentu di lapangan tergantung jenis material yang dilakukan penggalian (*digging*), pengisian dapat dilakukan sebanyak 5 kali pada OHT CAT 775 dan 4 kali pada OHT CAT 773 dengan *fill factor* masing-masing sebesar 0,98 (OHT CAT 775) dan 1,05 (OHT CAT 773). Hal ini menandakan bahwa *cycle time* mampu di perkecil dengan mengurangi jumlah pengisian serta perlu adanya peningkatan *fill factor* pada alat angkut.

2. Perbaikan Cycle time alat angkut.

Cycle time alat angkut sebelum dilakukan perbaikan sebesar 768 detik (OHT CAT 775) dan 786 detik (OHT CAT 773) dengan kecepatan rata-rata adalah 23 km/jam dan 21,6 km/jam sedangkan untuk ketetapan dari perusahaan untuk kecepatan rata-rata alat angkut sebesar 27 km/jam.

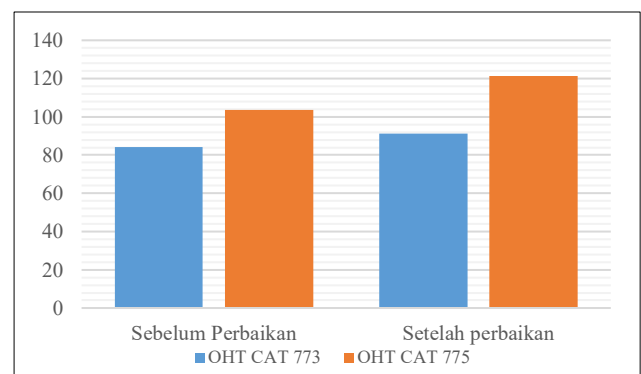
Kemudian dilakukan estimasi perhitungan *cycle time* bila jumlah pengisian sebanyak 5 kali pada OHT CAT 775 dan 4 kali pada OHT CAT 773 dengan *fill factor* masing-masing sebesar 0,98 dan 1,05 (100%), estimasi kecepatan rata-rata sebesar 27 km/jam serta estimasi waktu tunggu diperkecil maksimal sebesar 1 menit/ritasi. Sehingga nilai *cycle time* alat angkut sebesar 9,7 menit/ritasi (OHT CAT 773) dan 9,1 menit/ritasi (OHT CAT 775).

3. Produktivitas alat angkut setelah perbaikan.

Berdasarkan perhitungan perbaikan *cycle time* alat angkut, sebelum perbaikan nilai produktivitas OHT CAT 773 sebesar 84,3 BCM/jam dan OHT CAT 775 sebesar 103,6 BCM/jam. Setelah dilakukan perbaikan, didapatkan nilai produktivitas alat angkut OHT CAT 773 sebesar 91,1 BCM/jam dan OHT CAT 775 sebesar 121,4 BCM/jam, nilai produktivitasnya mengalami peningkatan sebesar 7,5% (OHT CAT 773) dan 14,7% (OHT CAT 775). Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah *cycle time* alat angkut, maka produktivitas alat angkut akan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya.

Tabel-5. Perbaikan waktu kerja alat angkut (dalam menit)

Unit	n	Loading	Hauling, dumping, returning	Manuver kosong	Delay time	Waktu kerja
CAT 773	4	1,7	6,7	0,3	1,0	9,7
CAT 775	5	2,1	6,7	0,3	1,0	9,1



Gambar-3. Perbaikan produktivitas alat angkut (BCM/jam)

Tabel-6. Match factor setelah perbaikan cycle time alat angkut

Kombinasi	Unit	Jumlah unit		Passing (n)	Cycle time (detik)		Match factor	Match factor total
		Gali-muat	Angkut		Gali-muat	Angkut		
1	CAT 775	1	3	6	25	546	0,55	1,19
	CAT 773		3	5		582	0,64	
2	CAT 775	1	3	6	25	546	0,82	1,25
	CAT 773		2	5		582	0,43	
3	CAT 775	1	2	6	25	546	0,55	0,98
	CAT 773		2	5		582	0,43	
4	CAT 775	1	1	6	25	546	0,27	0,92
	CAT 773		3	5		582	0,64	
5	CAT 775	1	3	6	25	546	0,82	1,04
	CAT 773		1	5		582	0,21	

4. Perhitungan perbaikan Match Factor

Setelah dilakukan estimasi perhitungan *cycle time* alat angkut dan produktivitas alat angkut, kemudian dilakukan perhitungan estimasi penggunaan alat angkut berdasarkan *match factor*, penggunaan alat angkut dapat dikurangi dengan produksi yang lebih tinggi berkisar 7-14%, seperti yang telah ditunjukkan pada gambar-3, pada kombinasi 1 dan 2 merupakan kombinasi yang masih menggunakan 5 unit alat angkut. Kemudian pada Kombinasi 3, 4 dan 5 merupakan kombinasi setelah dilakukan pengurangan 1 unit alat angkut. Kombinasi 1 dan 2 mempunyai nilai *match factor* sebesar 1,19 dan 1,25 artinya alat angkut mempunyai waktu tunggu, sedangkan pada kombinasi 3 mempunyai nilai *match factor* sebesar 0,98 (alat gali-muat mempunyai waktu tunggu tapi tidak terlalu tinggi), kombinasi 4 sebesar 0,92 (alat gali-muat mempunyai waktu tunggu tapi tidak terlalu tinggi) dan kombinasi 5 sebesar 1,04 artinya alat angkut mempunyai waktu tunggu tapi tidak terlalu tinggi.

Nilai produktivitas alat angkut dapat ditingkatkan tanpa perlu menambah unit alat angkut serta tanpa menambah biaya produksi, sehingga penggunaan alat angkut pada Fleet CE4226 *Sidewall* Timur dapat menggunakan kombinasi 1 unit Excavator CAT 395 dan 4 Unit alat angkut dengan mengurangi 1 kali pengisian bucket, menambah *fill factor* alat angkut menjadi 100%, mengoptimalkan kecepatan alat angkut rata-rata sebesar 27 km/jam sesuai ketentuan perusahaan serta meminimalisir waktu tunggu maksimal 1 menit per ritasi.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Stripping overburden* Fleet CE4226 SW Timur menggunakan Excavator CAT 395 dengan OHT CAT 773 dan OHT CAT 775. Serta faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat diantaranya kondisi lebar *front loading* ideal sebesar 36 meter, lebar jalan secara keseluruhan sudah sesuai standar kecuali segmen J sebesar 10 meter, pola pemuatan menggunakan metode *single back up* dan normal *loading*, terdapat *delay time* sebesar ± 2 menit, EK alat sebesar 75% dan *match factor* aktual sebesar 0,9, artinya terdapat waktu tunggu pada alat gali-muat.
2. *Cycle time* alat Excavator CAT 395 rata-rata sebesar 25 detik lebih tinggi dari standar, alat angkut OHT CAT 773 sebesar 786 detik dan OHT CAT 775 sebesar 768 detik. Nilai produktivitas alat Excavator Caterpillar 395 sebesar 523,3 BCM/jam lebih besar dari target

perusahaan sebesar 15,5%, OHT CAT 773 sebesar 84,3 BCM/jam dan OHT CAT 775 sebesar 103,6 BCM/jam.

3. Usaha perbaikan *match factor* dalam penggunaan alat gali-muat dan alat angkut dengan melakukan pengurangan jumlah pengisian bucket sebanyak 1 kali pada alat angkut, meningkatkan *fill factor* alat angkut menjadi 100%, mengoptimalkan kecepatan alat angkut rata-rata 27 km/jam sehingga nilai *cycle time* lebih rendah sebesar 9,1-9,7 menit serta produktivitas meningkat sebesar 7-14% dengan kombinasi menggunakan 1 unit Excavator CAT 395 dan 4 unit alat angkut (OHT CAT 773 dan OHT CAT 775) didapatkan *match factor* sebesar 0,92-1,02.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu, dosen pembimbing, penguji, PT Cipta Kridatama site DMP Lahat dan teman-teman yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial, fasilitas, atau legalitas terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Adilah, E.T. Tono, dan D. Andini, "Evaluasi Kerasian Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut Guna Pencapaian Target Produksi Batugamping 350.000 ton/bulan pada Pit 242 Bukit Karang Putih PT Semen Padang (Persero) di Kecamatan Lubuk Kilangan Sumatera Barat," *MINERAL*, vol. 4, no. 1, pp. 24-30, 2019.
- [2] K. Ahmad, *Alat Berat*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2012.
- [3] H. Alpeki, M. Hasjim, dan M.A. Abro, "Optimalisasi Match Factor Melalui Pengurangan Waktu Tunggu Terhadap Alat Angkut Pada Perencanaan Pengupasan Top Soil Tahun 2017 Di PT Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur," *Jurnal Bina Tambang*, vol. 2, no. 2, pp. 2459-1008, 2018.
- [4] I. Arif, *Batubara Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2014.
- [5] A.J. Barber, M.J. Crow, dan J.S. Milsom, *Sumatera: Geology, Resources and Tectonic Evolution*, *Geological Society*. London: Memoirs, 2005.
- [6] M.G. Bishop, *South Sumatera Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar Cenozoic Total Petroleum System*. Colorado: USGS, 2001.

- [7] *Handbook Caterpillar*, California: Caterpillar Inc., 2022.
- [8] G.L. De Coster, "The Geology of the Central and South Sumatera Basin," *Proceedings Indonesian Petroleum Association 3rd Annual Convention*, IPA, Jakarta, 1974.
- [9] M.C. Daly, *et al.*, "Cenozoic plate tectonics and basin evolution in Indonesia," *Marine and Petroleum Geology*, vol. 8, no. 1, p. 21, 1991.
- [10] *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2008.
- [11] G. Giatman, *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2005.
- [12] D. Ginger, dan K. Fielding, "The Petroleum System and Future Potential of The South Sumatera Basin," *Proceedings Indonesian Petroleum Association 30th Annual Convention & Exhibition*, IPA, Jakarta, August, 2005.
- [13] I. Ichsanudin, B. Purwoko, Y. Herlambang, "Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat (Excavator) Hitachi ZX210-5 dan Alat Angkut (Dump Truck) Mitsubishi FN 527 ML Untuk Mencapai Target Produksi Penambangan Batu Granit Di PT Hansindo Mineral Persada Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat," *JeLAST*, vol. 6, no. 1, pp. 133-141, 2019.
- [14] Y. Indonesianto, *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran", 2012.
- [15] *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*, Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827K/30/MEM/2018.
- [16] R.T. Mahesa, A. Octova, dan Y. Mingsi, "Keserasian Alat Gali-Muat dan Alat Angkut dalam Meningkatkan Produktivitas Pengupasan Overburden pada Pit Utara PT. Bara Prima Pratama *Jobsite* Batu Ampar Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau," *Jurnal Bina Tambang*, vol. 6, no. 5, pp. 2302-3333, 2021.
- [17] E. Pfeider, *Surface Mining*, 1st ed., New York: The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineer, 1972.
- [18] K.N. Pratomo, "Evaluasi Jalan Angkut dari *Front Tambang* Andesit ke *Crusher*," *Jurnal Bina Tambang*, vol. 2, no. 2, pp. 2302-3333, 2016.
- [19] A. Prijono, *Perkiraan Penyediaan & Kebutuhan Batubara Indonesia dan Perkembangannya*. Jakarta: Dharma Ilmu, 1992.
- [20] P. Prodjosumarto, *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Departemen Tambang, ITB, 1996.
- [21] *Peta Geologi Regional PT Cipta Kridatama Site DMP Lahat*. Jakarta: PT Cipta Kridatama, 2019.
- [22] J. G., Puglisi, I. Marwanza, dan M. K. Herdiyanti, "Waktu Tunggu dan Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Excavator," *Indonesian Mining and Energy Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 82-85, 2021.
- [23] H. Ramfelt, *Cylical Methods-Shovel and Backhoe*, In: *Surface Mining*. (Eugene P. Pfeider, editor). New York: The American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers Inc, 1972.
- [24] Rochmanhadi, *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Dunia Grafika Indonesia, 1992.
- [25] T. Ryanto, "Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung pada Lapisan Tanah," *Jurnal Himasapta*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [26] G.G. Sahuleka, dan B. Sugito, "Analisis Produktivitas Excavator dan Dump Truck pada Proses Pengisian Tongkang," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*, vol. 2, no. 1, pp. 753-761, Dec, 2022.
- [27] A. Saleng, *Hukum Pertambangan*. Yogyakarta: UII Press, 2005.
- [28] A.I. Samanlangi, *Sistem Penambangan*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1985.
- [29] Sukandarrumidi, *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1995.
- [30] Susilawati, *Proses Pembentukan Batubara - Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Bandung: ITB, 1992.
- [31] A. Suwandhi, "Perencanaan Jalan Tambang," in *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*, Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, 2004.
- [32] A.T. Tenriajeng, *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Penerbit Guna Darma, 2003
- [33] H. Umar, *Rencana Kerja Perusahaan Yang Baik*. Jakarta: Rajawali, 2009
- [34] *Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara*, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020.
- [35] R.S., Zakri, M. Murad, dan S. Sumarya, "Analisis Investasi Pengadaan Alat Berat di PT Karbindo Abesyapradhi dengan Metode NPV dan IRR", *Jurnal Bina Tambang*. 1 (2), 69-84, 2014.

