**Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan** Vol 4, No. 1, Tahun 2024 : 45 – 54 P-ISSN: 2830-5354
https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/jipl E-ISSN: 2797-7358

# STUDI KESERASIAN ALAT GALI MUAT DENGAN ALAT ANGKUT UNTUK MENURUNKAN *FUEL RATIO* PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN* PIT B PT XYZ

## *STUDY OF THE COMPATIBILITY OF LOADING AND TRANSPORTING EQUIPMENT TO REDUCE FUEL RATIO IN OVERBURDEN REMOVAL AT PIT B PT XYZ*

**Aulia Putri Khairani[1], Supardi Razak[1], Dewi Ayu Kusumaningsih[1]**

1. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

*Email: auliakhairani002@gmail.com*

## ABSTRAK

Penggunaaan bahan bakar yang tinggi menyebabkan pengeluaran perusahaan akan semakin besar, optimalisasi bahan bakar harus dilakukan dengan meningkatkan produktivitas. Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar adalah tingkat produktivitas alat dan faktor keserasian alat antara alat gali muat dan alat angkut. Penelitian dilakukan pada satu *fleet* pengupasan *overburden* Pit B PT XYZ. Pada *fleet* ini tidak tercapai target produktivitas alat muat yaitu 850 BCM/Jam dengan produktivitas aktual 672,38 BCM/Jam. Pada proses pengupasan tanah penutup sering terjadi *delay* pada alat muat dan angkut yang menyebabkan rendahnya produktivitas dan nilai *fuel ratio* tinggi. Tujuan penelitian adalah mengoptimasi keserasian alat dengan mengurangi waktu *delay* dan memperkecil nilai *cycle time* untuk meningkatkan produktivitas. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif dengan pengamatan secara langsung di lapangan, melalui hambatan-hambatan yang terjadi pada operasi produksi. Dari hasil perbaikan, target produktivitas PC-2000 mengalami peningkatan menjadi 854,91 BCM/Jam dengan nilai keserasian alat (*Match Factor*/MF) sebesar 1,21 dan *fuel ratio* mengalami penurunan sehingga dapat menghemat *cost* penggunaan bahan bakar dari Rp 24.063,43/BCM menjadi Rp 18.555,89/BCM.

**Kata kunci:** *fuel ratio, overburden, match factor,* produktivitas.

**DOI:** 10.15408/jipl.v4i1.42230

## *ABSTRACT*

*High fuel consumption causes the company's expenses to increase, fuel optimization must be done by increasing productivity. Factors that affect fuel usage are the level of equipment productivity and the compatibility factor between the loading and unloading equipment and the transport equipment. The study was conducted on one overburden stripping fleet of Pit B PT XYZ In this fleet, the loading equipment productivity target of 850 BCM/Hour was not achieved with an actual productivity of 672,38 BCM/Hour. In the overburden stripping process, there are often delays in the loading and transport equipment which causes low productivity and high fuel ratio values. The purpose of the study is to optimize equipment compatibility by reducing delay time and reducing cycle time to increase productivity. The research method used is a quantitative method with direct observation in the field, through obstacles that occur in production operations. From the results of the improvements, the PC-2000 productivity target increased to 854,91 BCM/Hour with a tool compatibility value of 1.21 and a decrease in the fuel ratio so that it can save costs from Rp 24.063,43/BCM to Rp 18.555,89/BCM.*

***Keywords****: fuel ratio, overburden, match factor, productivity*

© 2024 The Author(s). This is an open article under CC-BY-SA license (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

## PENDAHULUAN

Pada aktivitas penambangan, kemampuan operasi alat mekanis mempunyai peranan penting dalam memenuhi target produksi. Proses pengupasan tanah penutup di pengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: produktivitas alat mekanis, kondisi jalan, kondisi f*ront* kerja, dan kemampuan operator. Namun terkadang kondisi aktual di lapangan tidak sesuai dengan perencanaan dikarenakan adanya hambatan yang menganggu aktivitas produksi.

Berdasarkan kondisi aktual di lapangan, dimana dalam proses pengupasan tanah penutup sering terjadi antrian alat angkut di area *loading point*, dan waktu tunggu dari alat muat sehingga menyebabkan tingginya *cycle time* yang berpengaruh terhadap produktivitas alat dan menyebabkan besarnya penggunaan bahan bakar dalam pengupasan *overburden*. Selain itu faktor-faktor seperti jalan berdebu, jalan berlubang (*undulating)* juga menjadi faktor tidak tercapainya target produksi.

Ketidaktercapaian target produksi yang telah di targetkan oleh perusahaan, maka perlu dilakukan perbaikan faktor yang menjadi penghambat *cycle time* dari alat muat dan angkut untuk menurunkan *fuel ratio* pengupasan *overburden* sehingga produksi dapat tercapai. Tujuan penelitian ini yaitu mengoptimasi keserasian alat dengan mengurangi waktu *delay* dan memperkecil nilai *cycle time* untuk meningkatkan produktivitas sehingga produksi dapat tercapai. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Haritsi (2022); Himawan,et al (2020) menunjukkan adanya penurunan *fuel ratio* dan peningkatan produktivitas alat gali muat dan angkut pada pengupasan tanah penutup. Produktivitas aktual alat angkut pada *fleet* satu sebesar 262,51 BCM/Jam dan *fleet* dua sebesar 311,35 BCM/Jam, produktivitas optimasi *fleet* satu 802,78 BCM/Jam dan *fleet* dua sebesar 864,5 BCM/Jam. *Fuel ratio* aktual *fleet* satu 0,91 Liter/BCM, *fleet* dua 0,72 Liter/BCM, *fuel ratio* optimasi 0,30 Liter/BCM dan *fleet* dua 0,25 Liter/BCM (Ramadhani, 2020).

## METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, yaitu dengan mensimulasikan nilai *cycle time* alat gali muat dan angkut untuk memperoleh produktivitas dengan *fuel consumption* dengan meminimalkan waktu *delay time*. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan kegiatan, yaitu pendahuluan dan studi literatur, orientasi lapangan, pengambilan data lapangan, pengolahan analisis data, serta evaluasi dan kesimpulan akhir.

1. Pendahuluan dan studi literatur
   Kegiatan ini meliputi kegiatan pengolektifan berbagai literatur (buku, jurnal, atau laporan), penelitian terdahulu, dan aspek pendukung lainnya yang memiliki relevansi mengenai kegiatan analisis keserasian alat muat dan angkut untuk dilakukan studi lanjutan.
2. Orientasi lapangan
   Orientasi lapangan dilakukan untuk mengetahui masalah-masalah yang terjadi di lapangan. Kemudian perumusan masalah ini dilakukan pengambilan data untuk dilakukan pengamatan yang tepat dan terperinci.
3. P**engambilan data lapangan**
   Pengambilan data penelitian terdapat dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari penelitian di lapangan, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dari data perusahaan untuk menganalisis permasalahan pada topik penelitian.
   a. Data Primer
      Data primer merupakan data yang di dapatkan langsung dari penelitian di lapangan. Data primer yang diambil yaitu:
      1) Waktu edar (*cycle time)* alat muat dan angkut
      2) Waktu *delay* alat muat dan angkut
      3) Nilai kesediaan alat
      4) Kondisi jalan
      5) Dokumentasi lapangan
   b. Data sekunder
      Data sekunder yaitu data yang di dapatkan dari buku, penelitian-penelitian terdahulu, dan data yang didapatkan dari PT XYZ. Data sekunder tersebut antara lain:
      1) Spesifikasi alat angkut dan alat muat

2) *Fuel consumption* alat muat dan angkut
3) Nilai *swell factor*
4) Nilai *bucket fill factor*

4. P**engolahan analisis data**
   Dilakukan analisis data setelah semua data primer dan sekunder terkumpul. Pengolahan data menggunakan *software* Microsoft Excel untuk mempermudah perhitungan dan analisis data. Tahap pengolahan dan analisis data yang dilakukan yaitu:
   1) Menyelesaikan perhitungan *cycle time* alat muat dan angkut untuk mendapatkan *match factor* alat mekanis tersebut.
   2) Menghitung produktivitas alat muat dan angkut yang berhubungan dengan pengupasan *overburden.*
   3) Menghitung *fuel ratio* dan *fuel cost* aktual untuk mengoptimasi perbaikan *fuel cost* pada pengupasan *overburden*.
5. Evaluasi dan kesimpulan akhir
   Setelah dilakukan perbaikan waktu *cycle time* untuk mendapatkan target produktivitas yang telah dietapkan perusahaan dan perbaikan nilai *match factor* maka selanjutnya dilakukan perhitungan *fuel ratio* untuk mengetahui *fuel cost* pengupasan *overburden* per BCM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengamatan di lapangan data yang telah didapatkan berupa data-data berikut:

1. Jenis dan peralatan yang digunakan
   Jenis dan peralatan yang digunakan untuk kegiatan pengupasan *overburden* di lokasi penelitian yaitu:
   a) Alat gali muat
      Alat gali muat yang digunakan untuk pembongkaran dan pemuatan o*verburden* di PT XYZ yaitu Excavator Komatsu PC 2000.
   b) Alat angkut
      PT XYZ dalam proses pengupasan tanah penutup menggunakan jenis alat angkut Catepillar 777E. Pada *fleet* yang dilakukan pengamatan dengan jarak dari *loading point* ke disposal yaitu 4,6 km menggunakan sebanyak 9 alat angkut.
2. Waktu edar
   Waktu edar merupakan siklus kerja yang dilakukan secara berulang dari gerakan mulanya hingga kembali lagi pada gerakan mula tersebut. Siklus kerja terdiri dari kegiatan menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan, dan kembali ke kegiatan awal (Filiyanti, 2009). Berdasarkan pengamatan di lapangan, maka didapatkan waktu edar (*cycle time*) rata-rata dari alat muat Excavator Komatsu PC 2000 (Komatsu, 2006) dengan OHT caterpillar 777E adalah 16,04 detik untuk *digging*, 7,87 detik untuk *swing* isi, 6,34 detik untuk *swing* kosong dengan total 1 (satu) kali waktu edar selama 36,54 detik. Dengan 4-5 kali *passing* untuk mencapai kapasitas maksimum *vessel*. Waktu edar alat gali muat aktual dapat dilihat pada Tabel 1.
   Berdasarkan pengamatan di lapangan, didapatkan waktu edar (*cycle time*) rata-rata dari alat angkut OHT caterpillar 777E dengan jarak dari *front* ke *disposal* 4,6 km adalah 36,15 detik *manuver* pada *front* penambangan, 149,83 detik untuk waktu pengisian, 735 detik untuk waktu *hauling* isi menuju *disposal*, 28,62 detik untuk *manuver* pada *disposal*, 42,86 detik untuk penumpahan material, 663,52 detik untuk *hauling* kosong menuju *front* dengan total waktu edar untuk 1 kali ritase adalah 1.655,98 detik. Dengan 4-5 kali *passing* untuk mencapai kapasitas maksimum *vessel*. Waktu edar alat angkut aktual dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Waktu edar alat gali muat aktual

| *Digging* (detik) | *Swing isi* (detik) | *Dumping* (detik) | *Swing* kosong (detik) | Total (detik) |
|---|---|---|---|---|
| 16,04 | 7,87 | 6,34 | 6,29 | 36,54 |

**Tabel 2.** Waktu edar alat angkut aktual

| ***Spotting loading*** **(detik)** | ***Loading*** **(detik)** | ***Hauling*** **(detik)** | ***Stop dumping*** **(detik)** | ***Dumping*** **(detik)** | ***Returning*** **(detik)** | **Total (Detik)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 36,15 | 149,83 | 735 | 28,63 | 42,86 | 663,52 | 1.655,98 |

3. Konsumsi bahan bakar
   Penggunaan bahan bakar untuk setiap alat gali muat dan angkut pada pengupasan *overburden* telah ditetapkan oleh Departmen *Center of Excellent* (COE). *Fuel consumption* ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** *Fuel consumption* alat gali muat dan angkut aktual

| **Alat** | ***Fuel Consumption*** |
|---|---|
| Excavator (Komatsu PC-2000) | 125 Liter/Jam |
| *Off Highway Truck* (Caterpillar 777E) | 80 Liter/Jam |

**Pengolahan Data Aktual**

1. Perhitungan Efisiensi Kerja
   Efisiensi kerja merupakan perbandingan antara jam kerja efektif dengan jam kerja tersedia dari sebuah alat (Tenriajeng, 2003). Efisiensi kerja dipengaruhi berdasarkan kemampuan produksi alat, faktor kemampuan operator, mesin dan kondisi kerja (Deniswara, dkk, 2023). Jam kerja efektif merupakan waktu alat bekerja dari mengangkut material pada *front loading* sampai menuju *disposal area* hingga sampai kembali lagi ke *front loading*. Sedangkan jam kerja tersedia merupakan waktu pada saat melakukan kegiatan operasi produksi tanpa memperhitungkan hambatan yang terjadi. Efisiensi kerja alat gali muat aktual dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan efisiensi kerja alat angkut aktual dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 4.** Efisiensi kerja alat gali muat aktual

| **Waktu Pengamatan (Menit)** | ***Delay Time*** **(Menit)** | **Efisiensi Kerja (%)** |
|---|---|---|
| 60 | 12,67 | 79% |

**Tabel 5.** Efisiensi kerja alat angkut aktual

| **Waktu Pengamatan (Menit)** | ***Delay Time*** **(Menit)** | **Efisiensi Kerja (%)** |
|---|---|---|
| 60 | 5,79 | 90% |

2. Produktivitas aktual
   Perhitungan produktivitas dilakukan dua kali pengamatan yaitu aktual dan perbaikan. Kedua pengamatan ini menghasilkan nilai produktivitas yang berbeda. Nilai produktivitas ini akan mempengaruhi *fuel ratio* yang digunakan untuk pengupasan tanah penutup.
   a. Produktivitas alat gali muat
      Produktivitas alat gali muat dihitung menggunakan persamaan 1. Dengan waktu edar alat muat 36,54 detik, kapasitas *bucket* sebesar 12 $m^3$ (Caterpillar, 2022), *bucket fill factor* sebesar 90%, dan *swell factor* sebesar 80%, dan efisiensi kerja sebesar 79% maka dengan menggunakan Persamaan 1 didapatkan produktivitas alat muat sebesar 672,38 BCM/Jam.

$$Q = \frac{3600}{ct} \times K \times SF \times BFF \times EK \qquad (1)$$

Dimana:
Q = Produktivitas alat gali muat (BCM/Jam)
K = Kapastias *bucket* ($m^3$)
BFF= *Bucket fill factor* (%)
SF = *Swell factor*

Ek = Efisiensi kerja (%)
Ct = *Cycle time* alat muat

Perhitungan:

Q = $\frac{3.600}{36,54}$ x 12 x 0,80 x 90% x 79%
= 672,38 $BCM/Jam$

b. Produktivitas alat angkut

Produktivitas alat gali muat (Prodjosumarto, 1995) dihitung menggunakan persamaan 2. Dengan waktu edar alat angkut 1.655,98 detik, kapasitas *bucket* sebesar 12 $m^3$, *bucket fill factor* sebesar 90%, dan *swell factor* sebesar 80%, dan efisiensi kerja sebesar 90% maka dengan menggunakan Persamaan 2 didapatkan produktivitas alat angkut sebesar 84,52 BCM/Jam.

Q = $\frac{3600}{ct}$ x n x Kb x BFF x EK (2)

Keterangan:
Q = Produktivitas alat angkut (BCM/Jam)
Kb = Kapastias *bucket*
n = Jumlah pengisian *bucket* ke *vessel*
BFF = *Bucket fill factor* (%)
Ct = *Cycle time* alat angkut
Ek = Efisiensi Kerja (%)

Perhitungan:

Q = $\frac{3600}{1.655,98}$ x 4 x 12 x 90% x 90%
Q = 84,52 $\frac{BCM}{Jam}$

Produktivitas alat angkut *Off Highway Truck Caterpillar* 777E sebesar 84,52 BCM/Jam dengan total produktivitas 9 *hauler* adalah 760,70 BCM/Jam.

Q = 84,52 $\frac{BCM}{Jam}$ $x$ 9 unit
Q = 760,70 BCM/Jam

3. Perhitungan *Match Factor* (MF) Aktual

Faktor keserasian alat kerja mempunyai tujuan agar target produksi tercapai. Keserasian kerja pada alat gali muat dan angkut harus diperhatikan untuk mencegah tidak tercapainya produksi yang telah ditetapkan. Ketersediaan alat adalah faktor yang menunjukkan kondisi alat-alat mekanis dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama kerja. (Indonesianto, 2005). Perhitungan *match factor* menggunakan nilai maksimum dari *cycle time* alat muat dan angkut, hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai pesimis dari hasil *match factor* yang didapatkan. Perhitungan match factor menggunakan Persamaan 3.

MF = $\frac{n\ x\ Na\ x\ Ctm}{Nm\ x\ Cta}$ (3)

Keterangan:
MF = *Match Factor*
n = Jumlah Pemuatan
nm = Jumlah alat muat
na = Jumlah alat angkut
Ctm = *Cycle time* alat gali muat
Cta = *Cycle time* alat angkut

Perhitungan:

MF = $\frac{4\ x\ 9\ x\ 1,12}{1\ x\ 29,52}$ = 0,74

Dapat dilihat bahwa nilai *match factor* dari alat-alat yang bekerja masih terdapat waktu tunggu. Maka dari itu perlu dilakukan pengkajian faktor keserasian alat, dimana nilai MF ini mempengaruhi peningkatan produktivitas (Burt, 2007). Dalam penelitian ini tidak direkomendasikan penambahan alat muat maupun alat angkut, dikarenakan penambahan alat akan mempengaruhi nilai *fuel* yang digunakan. Maka langkah perbaikan yang dilakukan yaitu melakukan analisis terhadap faktor yang menjadi penghambat tidak tercapainya produktivitas untuk meminimalkan waktu edar alat.

4. Perhitungan *Fuel Ratio* Aktual
   a. *Fuel Ratio* Alat Gali Muat
      Perhitungan *fuel ratio* menggunakan Persamaan 4.

$$FR = \frac{FC}{P} \quad (4)$$

      Keterangan:
      FR = *Fuel ratio* (Liter/BCM)
      FC = *Fuel consumption* (Liter/Jam)
      P = Produktivitas (BCM/Jam)
      Perhitungan:

$$FR = \frac{125}{672{,}38}$$

      FR = 0,18 Liter/BCM

   b. *Fuel Ratio* Alat Angkut
      Perhitungan fuel ratio alat angkut menggunakan Persamaan 4.

$$FR = \frac{720}{760{,}70}$$

      FR = 0,95 Liter/BCM

   Nilai *fuel ratio* untuk mengupas satu BCM penggunaan *fuel* masih melebihi target perusahaan yaitu sebesar 0,14 Liter/BCM untuk alat muat dan 0,95 Liter/BCM untuk alat angkut. Semakin tinggi produktivitas maka *fuel ratio* semakin kecil, sebaliknya rendahnya produktivitas maka *fuel ratio* semakin tinggi (Hadjeri, 2021). Hal ini akan mengakibatkan besarnya *cost* yang dikeluarkan untuk penggunaan *fuel* yang terjadi akibat rendahnya produktivitas yang dihasilkan.

5. *Fuel cost* pengupasan *overburden*
   *Fuel cost* merupakan biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk mengupas satu BCM *overburden*. *Fuel cost* dapat dihitung dengan mengkalikan *fuel ratio* dengan harga bahan bakar per liternya. Harga bahan bakar mengacu pada harga solar industri wilayah 2 daerah Kalimantan PT Megah Anugerah Energi yaitu Rp 21.250,00/Liter periode 1-14 Januari 2024 (Adani, 2023). Biaya bahan bakar pengupasan *overburden* dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6** Biaya Bahan Bakar Pengupasan *Overburden*

| ***Fuel Cost*** **Alat Gali Muat PC-2000 (Rp/BCM)** | ***Fuel Cost Caterpillar 777E*** **(Rp/BCM)** | **Total (Rp/BCM)** |
|---|---|---|
| Rp 3.950,47 | Rp 20.112,96 | Rp 24.063,43 |

**Pengolahan Data Optimasi**

Dari perhitungan di atas didapatkan produktivitas aktual *overburden* sebesar 672,38 BCM/Jam, sedangkan PT XYZ membuat target 850 BCM/Jam untuk pengupasan *overburden*. Nilai *match factor* yang didapatkan yaitu 0,74. Maka, untuk mencapai sasaran produksi yang ditargetkan diperlukan evaluasi terhadap kemampuan produksi alat muat dan alat angkut. Penilaian tersebut berupa pengamatan dan perbaikan keadaan di lapangan dan faktor-faktor yang menghambat produksi dari alat-alat tersebut.

1. Kondisi lapangan
   Kondisi jalan angkut mempengaruhi waktu edar alat angkut, diantaranya adalah kondisi jalan berdebu. Kondisi ini mengakibatkan gangguan pandangan operator sehingga kecepatan unit akan berkurang, maka perlu dilakukannya penyiraman berkala pada sepanjang jalan angkut untuk meminimalkan waktu edar.

Selain itu kondisi jalan yang bergelombang juga menganggu perjalanan alat angkut menuju lokasi *dumping* area, sehingga perlu dilakukannya perawatan jalan secara berkala agar tidak menganggu efisiensi alat angkut. Pada *fleet* yang dilakukan pengamatan, *front* kerja terdapat *undulating* sehingga menyulitkan alat angkut untuk melakukan *manuver* saat hendak *loading*. Hal ini mengakibatkan *bucket* excavator menggantung terlalu lama.

2. Meminimalkan *cycle time* alat muat dan angkut
   Terdapat waktu tunggu oleh alat angkut dikarenakan alat muat melakukan kegiatan lain seperti memperbaiki kondisi *loading point*, memperbaiki *bench*, dan lain-lain. Sehingga dalam hal ini ditambahkan *unit support* agar perbaikan *loading point* dilakukan oleh *bulldozer*.
   Selain itu, *cycle time* dari alat angkut dapat diminimalkan dengan mengubah posisi antri alat angkut di karenakan *spotting loading* pada pengamatan terlalu lama dikarenakan alat angkut tidak langsung melakukan manuver ketika alat angkut pertama telah selesai *loading*. Pada pengamatan kedua dilakukan pengoptimalan waktu *manuver* yaitu ketika hauler pertama telah selesai melakukan *loading* material *hauler* kedua langsung melakukan *manuver* mundur dan juga posisi alat angkut yang sedang mengantri membentuk sudut V terhadap *face* penggalian (Enos, 2019).

1. *Cycle time* setelah optimasi
   Perbaikan waktu edar alat gali muat dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan waktu edar alat angkut dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 7.** Waktu edar alat gali muat perbaikan

| *Digging* (detik) | *Swing isi* (detik) | *Dumping* (detik) | *Swing* kosong (detik) | Total (detik) |
|---|---|---|---|---|
| 14,12 | 8,24 | 6,54 | 5,53 | 34,44 |

**Tabel 8.** Waktu edar alat angkut perbaikan

| ***Spotting Loading* (detik)** | ***Loading* (detik)** | ***Hauling* (detik)** | ***Stop Dumping* (detik)** | ***Dumping* (detik)** | ***Returning* (detik)** | **Total (detik)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12,21 | 137,26 | 616,36 | 23,26 | 39,32 | 556,52 | 1.285,03 |

2. *Match Factor* setelah optimasi
   Setelah dilakukan perbaikan dari hambatan yang mengakibatkan tidak tercapainya produktivitas nilai keserasian mengalami peningkatan menjadi 1,21. Perhitungan MF menggunakan persamaan 3. Perhitungan:

   $$MF = \frac{4\ x\ 9\ x\ 0{,}88}{1\ x\ 26{,}31}$$

   MF = 1,21

3. Perhitungan efisiensi kerja
   Perhitungan terhadap waktu *delay* dilakukan. Waktu *delay* alat angkut pada perbaikan menjadi 3,53 menit dari yang sebelumnya 12,67 menit (Tabel 9). Hal ini dikarenakan berkurangnya waktu *delay* di lapangan dengan meminimalisir faktor-faktor penghambat terjadinya *delay*. Begitupun dengan *delay time* pada alat angkut yang berkurang dari 5,79 menit menjadi 1,16 menit (Tabel 10).

**Tabel 9.** Efisiensi kerja alat angkut perbaikan

| **Waktu Pengamatan (Menit)** | ***Delay Time* (Menit)** | **Efisiensi Kerja (%)** |
|---|---|---|
| 60 | 3,53 | 94% |

**Tabel 10.** Efisiensi kerja alat angkut perbaikan

| Waktu Pengamatan (Menit) | *Delay Time* (Menit) | Efisiensi Kerja (%) |
|---|---|---|
| 60 | 1,16 | 98% |

4. Produktivitas setelah optimasi
   a. Produktivitas Alat Muat
   Nilai produktivitas perbaikan didapatkan setelah melakukan perbaikan hambatan tidak tercapainya target produksi. Perhitungan produktivitas alat muat menggunakan Persamaan 1.

   Perhitungan
   Q = $\frac{3600}{34,20}$ x 12 x 0,80 x 90% x 94%
   Q = 854,91 $BCM/Jam$

   Setelah dilakukan perbaikan *match factor*, maka produktivitas yang dihasilkan mengalami peningkatan sesuai dengan target yang telah ditetapkan oleh perusahaan yang semula sebesar 672,39 BCM/Jam menjadi 854,91 BCM/Jam untuk alat muat dengan produksi satu bulan 415.934,49 BCM/Bulan.
   b. Produktivitas Alat Angkut
   Nilai produktivitas perbaikan didapatkan setelah melakukan perbaikan hambatan tidak tercapainya target produksi. Perhitungan produktivitas alat angkut menggunakan Persamaan 2.

   Q = $\frac{3600}{1.385,03}$ x 4 x 12 x 90% x 98%
   Q = 110,04 $\frac{BCM}{Jam}$
   Produktivitas 9 hauler
   Q = 110,04 $\frac{BCM}{Jam}$ $x$ 9 unit
   Q = 990,37 BCM/Jam

   Produktivitas alat angkut dari 84,52 BCM/Jam menjadi 110,04 BCM/Jam. Dengan total produktivitas perbaikan 9 alat angkut adalah 990,37 BCM/Jam dengan produksi satu bulan 415.934,49 BCM/Bulan.

5. Optimasi terhadap *fuel ratio*
   Perhitungan *fuel ratio* perbaikan dilakukan dengan meminimalkan waktu hambatan dari alat muat dan angkut. Sehingga, produktivitas mengalami peningkatan. Semakin kecil nilai produktivitas maka semakin besar *fuel ratio* yang terpakai. Sebaliknya, semakin tinggi nilai produktivitas maka *fuel ratio* akan semakin kecil.
   a. *Fuel Ratio* Alat Gali Muat
   Perhitungan *fuel ratio* alat gali muat dihitung menggunakan Persamaan 4.
   Perhitungan:
   FR = $\frac{125}{854,91}$

   FR = 0,14 Liter/BCM

   Nilai *fuel ratio* alat gali muat sebesar 0,14 Liter/BCM. Nilai *fuel ratio* alat gali muat mengalami penurunan sebesar 0,04 Liter/BCM.

   b. *Fuel Ratio* Alat Angkut
   Perhitungan *fuel ratio* alat angkut dihitung menggunakan Persamaan 4.
   Perhitungan:
   FR = $\frac{720}{990,37}$

FR = 0,73 Liter/BCM

Nilai *fuel ratio* alat angkut sebesar 0,73 Liter/BCM. Nilai *fuel ratio* alat angkut mengalami penurunan sebesar 0,22 Liter/BCM.

6. Optimasi terhadap *fuel cost*

Perhitungan *fuel cost* dapat dihitung dengan mengkalikan nilai *fuel ratio* dengan harga bahan bakar solar industri acuan. Dengan perbaikan *match factor*, produktivitas alat gali muat mengalami peningkatan sebesar 27% dan produktivitas alat angkut mengalami peningkatan sebesar 30%. Sehingga *fuel ratio* mengalami penurunan. Berdasarkan nilai *fuel ratio* perbaikan maka untuk pengupasan satu BCM *overburden* mengalami penurunan dari semula Rp 24.063,43 menjadi Rp 18.555,89/BCM (Tabel 11).

**Tabel 11.** Biaya penggunaan bahan bakar pengupasan *overburden*

| ***Fuel Cost*** **Alat Gali Muat PC-2000 (Rp/BCM)** | ***Fuel Cost Caterpillar 777E*** **(Rp/BCM)** | **Total (Rp/BCM)** |
|---|---|---|
| Rp 3.107,06 | Rp 15.448,82 | Rp 18.555,89 |

## PENUTUP

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu nilai keserasian alat gali muat dan angkut (*match factor*) PC 2000 dan OHT Caterpillar 777E sebelum perbaikan adalah 0,74 dan setelah dilakukan perbaikan dengan perbaikan waktu *cycle time* maka nilai *match factor* menjadi 1,2. Setelah dilakukan perbaikan *match factor* dan adanya penurunan waktu *delay* maka produktivitas alat muat mengalami peningkatan sebesar 27% dari 672,38 BCM/Jam menjadi 854,91 BCM/Jam dan produktivitas 9 alat angkut mengalami peningkatan sebesar 30% dari 760,70 BCM/Jam menjadi 990,37 BCM/Jam. Nilai *fuel ratio* alat gali muat sebelum dilakukan perbaikan *match factor* adalah 0,18 Liter/BCM dan setelah dilakukan perbaikan menjadi 0,14 Liter/BCM. Nilai *fuel ratio* alat angkut sebelum dilakukan perbaikan *match factor* adalah 0,95 Liter/BCM dan setelah dilakukan perbaikan menjadi 0,73 Liter/BCM. Biaya penggunaan bahan bakar yang dapat dihemat perusahaan untuk pengupasan *overburden* setelah perbaikan *cyle time* dan *match factor* dari Rp 24.063,43/BCM menjadi Rp 18.555,89/BCM. Saran dari penelitian ini yaitu perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai geometri jalan angkut pit B PT XYZ. Selain itu, perlu dilakukan pemeliharaan atau *maintenance* pada jalan angkut secara rutin dan berkala sehingga *cycle time* optimal dan produktivitas mengalami peningkatan.

## DAFTAR PUSTAKA

Adani, M. R. (2023). *Harga solar industri B30 & MFO periode 01-14 September 2023*. PT Megah Anugerah Energi.

Adani, M. R. (2024). *Harga solar industri B35 dan MFO 01-14 Januari 2024*. Solar Industri – PT Megah Anugerah Energi.

Alkatiri, H., Abbas, S., & Haya, A. (2020). Synchronization conveyance and loading equipment for production target in mining activities on Obi Island. *Journal of Physics: Conference Series,1569*(4), 042076–042076. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042076

Awang, S. (2004). *Perencanaan jalan tambang*. Universitas Islam Bandung.

Burt, C. N., & Caccetta, L. (2007). Match factor for heterogeneous truck and loader fleets. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 21*(2), 107-122. https://doi.org/10.1080/13893150420000303081

Caterpillar. (2022). *Caterpillar performance handbook*. Caterpillar Inc.

Deniswara, W., Supardi, R., & Ambran, H. (2023). Produktivitas alat gali muat berdasarkan swing angle top loading dan bottom loading. *Universitas Islam Negeri Jakarta*

Enos, D. (2019). Penerapan metode V-shape loading untuk meningkatkan produktivitas PC-2000 & PC-1250 di pit 10 & 11 Madhani Talatah Nusantara PT Arutmin Indonesia Tambang Asamasam. In *Prosiding TPT XXVIII Perhapi 2019* (pp. 123-130).

Haritsi, N. (2023). Analisis penggunaan bahan bakar alat gali muat dan alat angkut dalam proses pengupasan tanah penutup di PT Mifa Bersaudara. *Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Trisakti*.

Hartman, H. L., & Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory mining engineering* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Himawan, M. A., Nurhakim, N., & Annisa, A. (2020). *Analisis optimalisasi fuel ratio peralatan mekanis dalam aktivitas penggalian dan pengangkutan overburden PT Madhani Talatah Nusantara*. Jurnal Himasapta, 4(2), 77–80.

Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (n.d.). *Open pit mine planning & design 1: Fundamentals* (3rd ed.). Taylor & Francis.

Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan tanah mekanis*. UPN "Veteran" Yogyakarta.

Jeremy, G. P. (2021). Estimasi penghematan biaya bahan bakar pada penggalian overburden berdasarkan simulasi hang time di PT Wahana Bandhawa Kencana, Lahat, Sumatera Selatan. *Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Trisakti*.

Komatsu. (2006). *Komatsu specification and application handbook* (edition). Komatsu Ltd.

Prodjosumarto, P. (1995). *Pemindahan tanah mekanis*. Institut Teknologi Bandung.

Ramadhani, A. (2020). *Optimalisasi fuel ratio alat gali muat dan alat angkut PT Borneo Alam Semesta*. Jurnal Himasapta, 7(3), 1–10.

Syapariadi, H., Nurhakim, N., & Noor Hakim, R. (2021). Analisis besarnya fuel ratio pada kegiatan pengupasan overburden di PT Sims Jaya Kaltim. *Jurnal Himasapta*, *5*(3), 57-57.

Teta, F. (2009). *Diktat buku ajar pengembangan tanah mekanik dan alat-alat berat (Bagian 1)*. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Tenriajeng, A. T. (2003). *Seri diklat kuliah: Pemindahan tanah mekanis*. Penerbit Gunadarma.