



Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut dengan Metode *Match Factor* pada Operasi Pengupasan *Overburden* pada *Pit* Tengah di PT. Bumi Artlantis Raya Kabupaten Berau

Mustafa Wadi^{1*}, Henny Magdalena², Tommy Trides³

¹⁻³Fakultas Teknik, Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Indonesia

*Penulis Korespondensi: mustafawadi39@gmail.com

Abstract. *Overburden stripping operations in the coal mining industry require optimal performance of loading and hauling equipment to achieve production efficiency. This study aims to evaluate the performance of loading and hauling equipment using the Match Factor method in overburden stripping operations at PT Bumi Artlantis Raya. The results indicate that the equipment combination achieved a Match Factor of 0.85, reflecting moderate compatibility with a potential efficiency improvement of 15%. The actual productivity of Excavator 4002 reached 137.02 bcm/hour (91.35% of the 150 bcm/hour target), while Excavator 4004 exceeded the target with a productivity of 195.73 bcm/hour (130.49% of the target). In contrast, dump truck productivity remained relatively low (Mercedes dump truck: 35.58 bcm/hour; Hino dump truck: 35.40 bcm/hour), primarily due to waiting time during loading and disposal activities. Statistical analysis reveals a strong negative correlation between cycle time and productivity ($R^2 = 0.9929$). The optimal cycle time to achieve a Match Factor of 0.80 is 969 seconds, corresponding to an optimal hauling distance of 5.38–6.725 km. Although mechanical availability and physical availability were high (94–100%), the use of availability and effective utilization were relatively low due to an imbalance between loading and hauling equipment. This study concludes that improving equipment coordination, increasing bucket fill factor, enhancing haul road conditions, and implementing preventive maintenance are essential to achieving more optimal operational efficiency in overburden stripping activities.*

Keywords: *Hauling Equipment; Loading Equipment; Match Factor Method; Overburden Removal; Performance Evaluation.*

Abstrak. Operasi pengupasan *overburden* di industri pertambangan batubara memerlukan kinerja optimal dari alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai efisiensi produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat gali muat dan alat angkut menggunakan metode *Match Factor* pada operasi pengupasan *overburden* di PT Bumi Artlantis Raya. Hasil penelitian menunjukkan *Match Factor* kombinasi alat sebesar 0,85, mengindikasikan kompatibilitas sedang dengan potensi peningkatan efisiensi 15%. Produktivitas aktual Excavator 4002 mencapai 137,02 bcm/jam (91,35% dari target 150 bcm/jam), sedangkan Excavator 4004 melebihi target dengan 195,73 bcm/jam (130,49% dari target). Produktivitas Dump Truck relatif rendah (DT Mercy: 35,58 bcm/jam, DT Hino: 35,40 bcm/jam) akibat waktu tunggu saat *loading* dan *disposal*. Analisis statistik menunjukkan korelasi negatif kuat antara *cycle time* dan produktivitas ($R^2 = 0,9929$). *Cycle time* optimal untuk mencapai *Match Factor* 0,80 adalah 969 detik dengan jarak angkut optimal 5,38-6,725 km. Meskipun *mechanical availability* dan *physical availability* tinggi (94-100%), *use of availability* dan *effective utilization* rendah karena ketidakseimbangan antara alat muat dan angkut. Kesimpulan penelitian ini merekomendasikan optimalisasi koordinasi alat, peningkatan *bucket fill factor*, perbaikan kondisi jalan angkut, dan implementasi *preventive maintenance* untuk mencapai efisiensi operasional yang lebih optimal dalam kegiatan pengupasan *overburden*.

Kata kunci: Alat Angkut; Alat Gali Muat; Evaluasi Kinerja; Metode *Match Factor*; Pengupasan *Overburden*.

1. LATAR BELAKANG

PT. Bumi Artlantis Raya adalah perusahaan kontraktor yang bergerak dibidang pertambangan Batubara yang terletak 25 km dari pusat kota Berau, tepatnya di Desa Bukit Makmur, Kecamatan Segah, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Sistem penambangan yang digunakan oleh PT. Bumi Artlantis Raya ialah sistem tambang terbuka (*open pit*). Dalam kegiatan penambangan, produktivitas alat mekanis merupakan kemampuan

kerja alat selama berproduksi yang dihitung dalam waktu satu jam dengan satuan Bcm/jam. Penggunaan alat mekanis yang tidak optimal akan menimbulkan dampak pada target produksi yang ingin dicapai dan efisiensi penggunaan alat.

Evaluasi kinerja alat gali muat dan alat angkut sangat penting untuk memastikan bahwa operasi pengupasan tanah penutup berjalan dengan efisien dan efektif. Kinerja alat yang optimal tidak hanya akan mengurangi waktu dan biaya operasional, tetapi juga meningkatkan produktivitas dan keselamatan kerja. Oleh karena itu, diperlukan metode yang sistematis untuk mengevaluasi kinerja alat dalam konteks operasi pertambangan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja alat adalah metode *match factor*. Metode ini memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap kecocokan antara alat gali muat dan alat angkut dalam suatu sistem pertambangan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kinerja alat gali muat dan alat angkut dengan metode *Match Factor*, serta menerapkan pendekatan statistik deskriptif dalam pengolahan data untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam operasi pengupasan *overburden*.

2. KAJIAN TEORITIS

Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Tanjung Redeb, untuk wilayah lokasi penelitian yang berada di PT. Bumi Artlantis Raya, Kecamatan Segah, Desa Bukit Makmur. Untuk wilayah penelitian didominasi oleh empat formasi yakni: formasi Sinjin (Tps), formasi Lebanan (Tmpl), formasi Latih (Tml), dan formasi Birang (Tomb) (Situmorang & Burhan, 1995).



Gambar 1. Peta Geologi Regional.

Pertambangan Batubara

Berdasarkan UU No. 3 Tahun 2020, pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan/atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang.

Pengupasan Tanah Penutup (*overburden*)

Tenrisukki (2003), *Overburden* merupakan semua lapisan tanah/batuan yang berada di atasnya sekaligus menutupi lapisan mineral berharga tersebut agar diambil terlebih dahulu sebelum mampu menggali mineral berharga tersebut. Kajian situasi terhadap penggalian dan pemuatan dapat dilakukan melalui pengawasan situasi di dalam disiplin dan elemen yang mempengaruhi fungsi produksi alat mekanik.

Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Menurut (Elvira, 2015), alat gali muat dan alat angkut merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dalam pekerjaan pertambangan, penggunaan alat gali muat dan alat angkut secara optimal dapat tercapai apabila faktor yang mempengaruhi pekerjaan alat mekanis dapat berjalan secara efisien.

Alat Gali Muat

Excavator adalah alat mekanis yang berfungsi sebagai alat penggali dan memuat material. Alat penggalian – peralatan pemuatan yang biasanya dipakai di area penambangan, alat tersebut bisa digunakan untuk menggali dan mengangkut material.

Alat Angkut

Menurut (Anisari, 2016), alat angkut adalah alat yang di gunakan untuk memindahkan material *overburden* maupun hasil pertambangan ke disposal maupun ke tempat pengolahan yang telah ditentukan.

Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Mekanis

Produktivitas alat-alat mekanis perlu diketahui nilainya dan ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil kerja alat-alat tersebut, diantaranya adalah sebagai berikut:

Faktor Pengembang (Swell Factor)

Yang dimaksud dengan pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya. Dari faktor tersebut bentuk material dibagi dalam 3 (tiga) keadaan yaitu BCM, LCM, dan CCM.

Untuk menghitung faktor pengembangan disingkat SF adalah sebagai berikut:

- 1) Rumus *Swell Factor* dan % *Swell* berdasarkan volume:

$$Swell\ factor = \left(\frac{Bank\ Volume}{Lose\ Volume} \right) \dots\dots\dots (1)$$

- 2) Rumus *Swell Factor* dan % *Swell* berdasarkan *densitas* (kerapatan)

$$\% \ Swell = \left(\frac{Loose\ Volume - Bank\ Volume}{Bank\ Volume} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

SF (*Swell Factor*) = Faktor Pengembangan (%)

Volume *Insitu* = Volume material sebelum dibongkar (Bcm)

Volume *Loose* = Volume material sesudah dibongkar (Lcm)

Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Faktor pengisian merupakan perbandingan antara kapasitas nyata suatu alat dengan kapasitas baku alat yang dinyatakan dalam persen (%). Rumus untuk menghitung faktor pengisian adalah sebagai berikut :

$$Ff = \frac{Vn}{Vb} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

Ff = faktor pengisian atau *fill factor* (%)

Vn = kapasitas nyata alat (m^3)

Vb = kapasitas baku alat (m^3)

(Oemiati et al., 2020).

Tabel 1. Nilai Persentase *Fill Factor*.

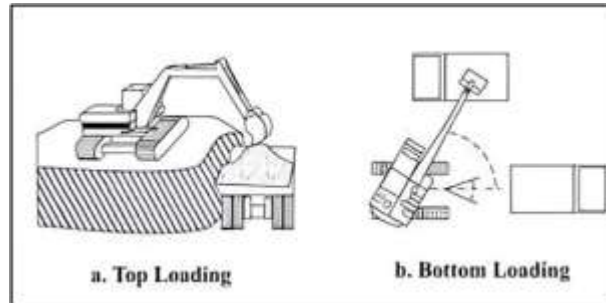
Material	Fill Factor Range
Moist Loam or Sandy Clay	A – 100–110%
Sand and Gravel	B – 95–110%
Hard, Tough Clay	C – 80–90%
Rock – Well Blasted	60–75%
Rock – Poorly Blasted	40–50%

- a. Geometri Jalan Angkut

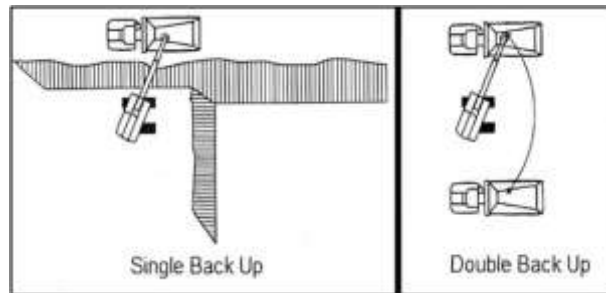
Geometri jalan yang memenuhi syarat adalah bentuk dan ukuran dari jalan tambang itu sesuai dengan tipe (bentuk, ukuran dan spesifikasi) alat angkut yang dipergunakan dan kondisi medan yang ada, sehingga dapat menjamin serta menunjang segi keamanan dan keselamatan operasi pengangkutan. Geometri jalan tersebut merupakan hal yang mutlak harus dipenuhi (Indonesianto, 2015).

b. Pola Pemuatan

Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan target produksi maka pola pemuatan juga merupakan faktor yang mempengaruhi waktu edar alat. Pola pemuatan berdasarkan dari posisi *dump truck* untuk dimuati hasil galian *backhoe* (pola galian muat), yaitu:



Gambar 2. Pola *Top Loading* dan *Bottom Loading* (Indonesianto, 2015).



Gambar 3. Pola Muat *Single Back Up* dan *Double Back Up* (Indonesianto, 2015).

c. Waktu Edar (*cycle time*)

Menurut (Hult et al., 2004), *cycle time* diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan mulai dari awal sampai akhir dalam suatu kegiatan alat dan mengulanginya kembali. Semakin kecil *cycle time* alat maka akan menghasilkan produksi yang semakin tinggi.

1) Waktu edar alat muat.

Waktu edar alat gali-muat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_{tm} = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

C_{tm} = Waktu edar alat muat (s)

T_{m1} = Waktu menggali material (s)

T_{m2} = Waktu putar dengan *bucket* teris (s)

T_{m3} = Waktu menumpahkan muatan (s)

T_{m4} = Waktu putar dengan *bucket* kosong (s)

2) Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Cta = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

Cta = Waktu edar alat angkut (m)

Ta₁ = Waktu mengambil posisi untuk dimuati (m)

Ta₂ = Waktu diisi muatan (m)

Ta₃ = Waktu mengangkut muatan (m)

Ta₄ = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan (m)

Ta₅ = Waktu pengosongan muatan (m)

Ta₆ = Waktu kembali kosong (m)

d. Efisiensi Kerja

Menurut Anisari, (2016) mengatakan bahwa efesiensi kerja merupakan suatu penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau perbandingan antara waktu yang digunakan untuk bekerja dengan waktu yang tersedia.

Untuk menghitung nilai efesiensi kerja dari alat mekanis dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$EK = \frac{(WT - WS - WB)}{WT} = \frac{WE}{WT} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

EK = Efisiensi Kerja

WT = Waktu Tersedia (Jam)

WS = Waktu *Standby* (Jam)

WB = Waktu *Breakdown* (Jam)

Ketersediaan dan Penggunaan Alat

Dalam hal menentukan efisiensi kerja operator maka hal yang perlu juga diperhatikan ialah ketersediaan dan keadaan alat karena hal tersebut berpengaruh langsung terhadap efisiensi operator serta produktivitas dari alat itu sendiri. Prodjosumarto (1996) mengatakan bahwa perhitungan dari faktor ketersediaan dan penggunaan alat terbagi menjadi empat perhitungan, yaitu:

- 1) Mechanical Availability (MA)
- 2) Physical availability atau Operational availability (PA)
- 3) Use of Availabilit (UA)
- 4) Effective Utilization (EU)

Produktivitas

Produktivitas merupakan kemampuan alat untuk memproduksi suatu barang dalam satuan waktu tertentu. Nilai produktivitas sangat penting untuk mengontrol produksi alat mekanis. Produktivitas merupakan laju suatu material yang dapat dipindahkan dalam satuan waktu tertentu yang umumnya adalah per-jam. Pemindahan material ini dapat dihitung berdasarkan kapasitas produksi dalam bentuk ton (Fajri & Anarta, 2024).

Produktivitas Alat Gali-Muat

Untuk memperkirakan produktivitas alat gali muat dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{3600 \times Kb \times Ff \times Sf \times Eff \times n}{CTm} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas Alat (Bcm/jam)

Kb = Kapasitas *Bucket* (m³)

FF = Faktor Pengisian

Eff = Efisiensi Kerja

SF = *Swell Factor*

CTm = *Cycle Time* Alat Muat (detik)

Produktivitas Alat Angkut

Untuk memperkirakan produktivitas alat angkut, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{60 \times Kb \times FF \times Eff \times Sf \times n}{CTa} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas Alat (Bcm/jam)

Kb = Kapasitas *Bucket* (m³)

FF = Faktor Pengisian

Eff = Efisiensi Kerja

SF = *Swell Factor*

CTa = *Cycle Time* Alat Angkut (menit)

Keserasian Kerja (Match Factor)

Keserasian alat muat dan alat angkut pada kegiatan pemindahan tanah mekanis merupakan suatu persamaan sistematis yang digunakan untuk menghitung tingkat keselarasan kerja antara alat muat dan alat angkut untuk setiap kondisi kegiatan pemuatan dan pengangkutan.

$$MF = \frac{Na \times CTm \times n}{Nm \times CTa} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

MF = *Match Factor* atau faktor keserasian

Na = Jumlah Alat Angkut

CTm = *Loading Time* alat muat

Nm = Jumlah Alat Muat

CTm = *Cycle Time* Alat Angkut

n = Jumlah Pengisian *Bucket*

Bila hasil perhitungan diperoleh, maka :

- a) $MF < 1$, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
- b) $MF = 1$, artinya alat muat dan alat angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.
- c) $MF > 1$, artinya alat muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut

(Oemiati, 2020).

Analisis Statistik

Analisis statistik merupakan elemen penting dalam penelitian kuantitatif, yang bertujuan untuk menguji hipotesis, menganalisis hubungan antar variabel, dan membuat prediksi berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Metode analisis data menggunakan analisis statistic, serta teknik-teknik yang umum digunakan dalam penelitian kuantitatif.

Analisis Regresi Linear

Analisis regresi digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai variabel dependen, bila nilai variabel independen di manipulasi/ dirubah- rubah atau di naik-turunkan. Manfaat dari hasil analisis regresi adalah untuk membuat keputusan apakah naik dan menurunnya variabel dependen dapat dilakukan melalui peningkatan variabel independen atau tidak (Sugiyono, 2019).

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

a = Konstanta (nilai Y apabila X = 0)

b = Koefisien regresi (taksiran perubahan nilai Y apabila X berubah nilai satu unit)

Y = Variabel nilainya dipengaruhi variabel lain (dependent variabel)

X = variabel yang nilainya mempengaruhi variabel lain (independent variabel)

Tabel 2. Nilai Koefisien Korelasi Kirk (2008) dalam Kusuma (2016).

Interval Koefisien Korelasi (r) (Positif/Negatif)	Tingkat Hubungan
$\geq 0,90$	Sangat Kuat
$0,70 - 0,89$	Kuat
$0,30 - 0,69$	Sedang
$\leq 0,30$	Lemah

Pengertian SPSS

Aplikasi SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) adalah perangkat lunak yang digunakan dalam analisis statistik data. Ini dikembangkan oleh SPSS Inc. dan diakuisisi oleh IBM pada tahun 2009. SPSS adalah program yang banyak digunakan untuk analisis statistik dalam ilmu sosial, khususnya di bidang pendidikan dan penelitian. SPSS juga banyak digunakan oleh organisasi survei, pemerintah, serta mahasiswa dan dosen ilmu social (Kusumah, 2018).

Melalui penggunaan SPSS, peneliti dapat dengan cepat menampilkan tabel, grafik, dan diagram yang menggambarkan hasil analisis deskriptif, sehingga memudahkan interpretasi data dan penyajian hasil penelitian. Oleh karena itu, penguasaan teknik analisis deskriptif menggunakan SPSS menjadi keterampilan yang penting bagi peneliti yang ingin menyajikan data secara efektif (Setiabudi, 2024).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca lapangan.

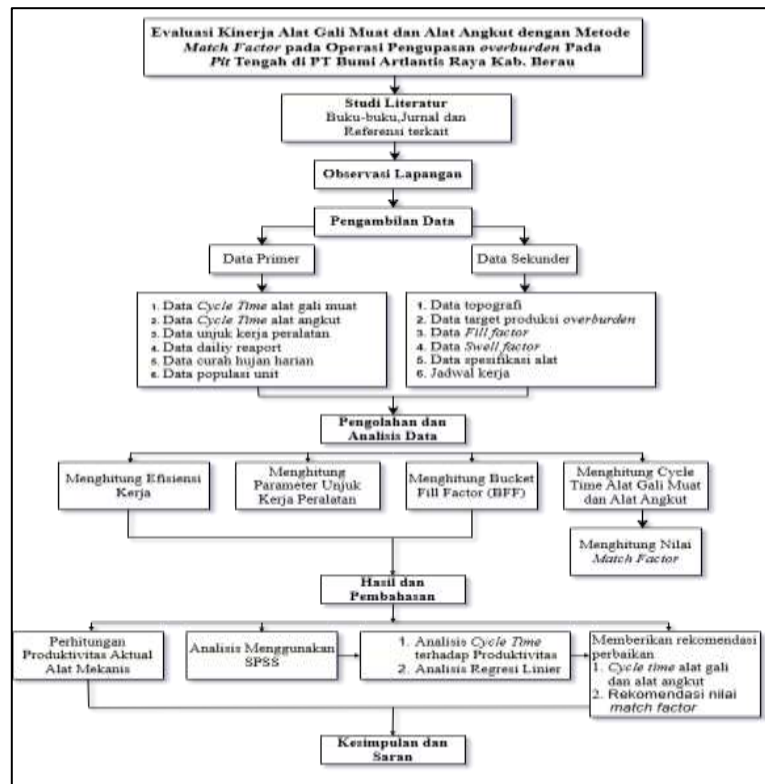
- a) Tahap pra lapangan dilakukan sebagai tahap persiapan penelitian yang meliputi studi literatur, kinerja alat mekanis, produktivitas, efisiensi kerja, *cycle time*, serta metode *Match Factor*.

Pada tahap ini juga dilakukan penentuan lokasi penelitian:



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian.

- Tahap lapangan merupakan tahap pengambilan data secara langsung di lokasi penelitian, yaitu di *Pit* Tengah PT Bumi Artlantis Raya. Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan data sekunder.
- Selanjutnya, pada tahap pasca lapangan dilakukan pengolahan dan analisis data untuk menghitung produktivitas alat, nilai efisiensi kerja, serta tingkat keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut menggunakan metode *Match Factor*.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan (Agustus–Oktober) di PT. Bumi Artlantis Raya. Data-data yang digunakan dalam pengolahan data diambil secara langsung dilapangan pada area *Pit* Tengah dan untuk data pendukung atau data sekunder didapatkan dari perusahaan tempat penelitian ini dilaksanakan.

Jadwal Kerja

Tabel 3. Jadwal kerja PT. Bumi Artlantis Raya.

Shift	Jam kerja	Waktu kerja (jam)	Istirahat (jam)	Total Efektif
Pagi	07.00-12.00	9	1	9
	13.00-17.00			
Malam	19.00-00.00	9	1	9
	01.00-06.00			
Total Harian		18	2	18

Dari tabel diatas diperoleh waktu kerja tersedia sebagai berikut:

Waktu kerja tersedia perhari = 18 jam/hari

= 1080 menit/hari

= 540 menit/shift

Waktu kerja dalam satu shift = 9 jam/shift

Efisiensi Kerja

Waktu yang tersedia untuk kegiatan penambangan yaitu 18 jam/hari. Namun pada kenyataannya, waktu kerja yang tersedia tidak dapat di gunakan sepenuhnya karena adanya hambatan yang dapat mengurangi waktu kerja yang tersedia.

Tabel 4. Efisiensi kerja Alat Mekanis.

Waktu Kerja	Rata-rata Jam/Bulan		Rata-rata Jam/Bulan		EK (%)	
	Exca	Exca	Mercy	Hino	Exca 4002	74
Jumlah jam kerja alat (W)	287,9	389	261,4	362,2	Exca 4004	75
Jumlah jam perbaikan (R)	3,2	2,8	14,6	17,54	Mercy	80
Jumlah jam siap pakai (S)	452,9	352	467,4	362,9	Hino	83

Besarnya waktu yang telah terjadwalkan ini dalam kenyataannya belum dapat digunakan seluruhnya untuk produksi (kurang dari 100%). Hal ini disebabkan karena adanya hambatan-hambatan yang terjadi selama alat mekanis tersebut berproduksi sehingga menyebabkan operator tidak bekerja 60 menit dalam satu jam. Efisiensi kerja dapat dilihat pada Tabel 4.

Presentase Unjuk Kerja Alat Mekanis



Gambar 4. Unjuk Kerja Peralatan.

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan diagram perbandingan nilai unjuk kerja dari unit alat mekanis yang digunakan dalam kegiatan pengupasan *overburden*. Parameter yang dianalisis meliputi *Physical Availability* (PA), dan *Use of Availability* (UA). Keempat parameter ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai tingkat kesiapan, ketersediaan, dan pemanfaatan alat dalam mendukung kegiatan produksi penambangan.

Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Faktor pengisian merupakan perbandingan antara kapasitas nyata suatu alat dengan kapasitas baku alat yang dinyatakan dalam persen (%). Faktor Bucket (*fill factor*) Pengisian Alat Gali Muat dan Angkut (P.Fleider, 1972), pada penelitian ini penulis menggunakan fill factor grade C 75% sesuai dengan aktual di lapangan.

Tabel 5. *Bucket Fill Factor.*

Kapasitas Vessel	M ³	<i>Fill factor</i> (%)
Kapasitas vessel	7,32	75
Kapasitas <i>bucket</i>	2,41	
Kapasitas 1 <i>bucket</i>	2,4	
Jumlah <i>passing</i>	3	

Cycle Time Alat Gali Mua

Tabel 6. Waktu Edar Alat Gali Muat.

Siklus Kegiatan	Exca 4002 Waktu (s)	Exca 4004 Waktu (s)
<i>Digging</i>	27,09	22,90
<i>Swing Load</i>	26,28	18,85
<i>Dumping</i>	25,30	15,99
<i>Swing Empty</i>	26,78	17,05
Total	105,46	74,80

Berdasarkan table 6 diatas diketahui bahwa nilai waktu edar dari masing-masing alat gali muat dan alat angkut, Dimana pada alat excavator 4002 memiliki nilai waktu edar yang lebih besar yaitu sebesar 105,46 detik atau 1,7 menit, sedangkan untuk exca 4004 yaitu 74,80 detik.

Waktu Edar Alat Angkut

Tabel 7. Waktu Edar Alat Angkut (*Cycle Time*).

Siklus Kegiatan	DT Hino Waktu (m)	DT Mercy Waktu (m)
<i>Manuver Loading</i>	0,60	0,55
<i>Loading</i>	0,62	0,83
<i>Hauling Load</i>	10,24	9,50
<i>Manuver Dumping</i>	0,73	0,68
<i>Dumping</i>	1,03	1,05
<i>Hauling Empty</i>	9,95	9,61
Total	23,17	22,22

Berdasarkan table 7 dapat diketahui bahwa nilai waktu edar dari masing-masing alat angkut yaitu untuk DT Hino sebesar 23,17 menit, kemudian untuk DT Mercy sebesar 22,22 menit. Dengan jarak ke area disposal sekitar 2,54 km waktu edar tersebut masih tergolong besar

dikarenakan masih mengalami waktu hambatan pada saat melakukan kegiatan pengangkutan material ke disposal.

Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Produktivitas juga memiliki beberapa aspek didalamnya yang menjadi parameter perhitungan produktivitas alat, yaitu cycle time, kapasitas bucket, jumlah pengisian, efisiensi kerja dan beberapa faktor koreksi yaitu faktor bucket dan swell factor, kondisi material seperti faktor pengembangan dan bentuk material yang mempengaruhi dalam pemuatan material.

Tabel 8. Kapasitas Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut.

Fleet	No Unit	Kelas	Jumlah Unit	Productivity (bcm/Jam)	Productivity (bcm/Hari)	Productivity (bcm/Bulan)
1	4002	CAT 345 GC	1	137,02	1.726,39	53.518,24
		Hino 500 JH	9	35,40	318,60	9.876,46
2	4004	CAT 354 GC	1	195,73	2.466,22	76.452,90
		Mercy 2528	8	35,58	320,21	9.926,47
		Total				19.802,93

Perhitungan Nilai Keserasian *Match Factor* Alat Gali Muat dan Alat Angkut

A. *Match Factor* Exca 4002

Berdasarkan dari hasil data pengamatan dilapangan yang telah dilakukan maka diketahui:

Jumlah alat muat (Nm) = 1
 Jumlah alat angkut (Na) = 9
 Jumlah Curah Bucket (n) = 3
 Waktu edar alat muat (CTm) = 105,46 (detik)
 Waktu edar alat angkut (CTa) = 23,17 (menit)
 Keserasian alat (MF) = 1,7 (>1)

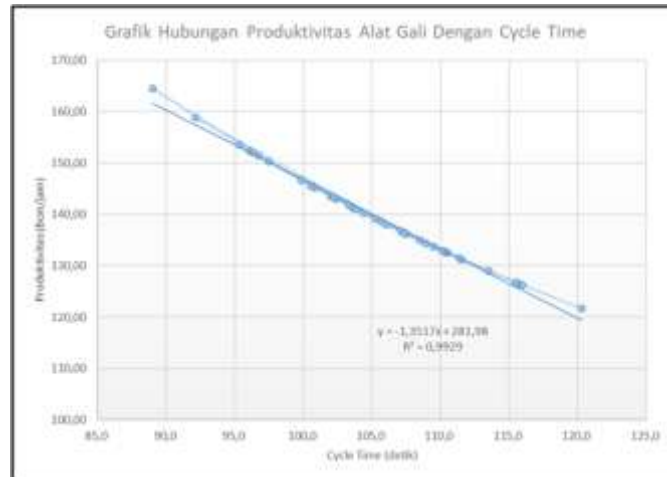
B. *Match Factor* Exca 4004

Berdasarkan dari hasil data pengamatan dilapangan yang telah dilakukan maka diketahui:

Jumlah alat muat (Nm) = 1
 Jumlah alat angkut (Na) = 8
 Jumlah Curah Bucket (n) = 3
 Waktu edar alat muat (CTm) = 74,80 (detik)
 Waktu edar alat angkut (CTa) = 22,22 (menit)
 Keserasian alat (MF) = 1,3 (>1)

Dari hasil perhitungan *match factor* diperoleh keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut 1,7 dan 1,3. Hal ini berarti $MF > 1$ berarti persentase kerja dari alat muat mencapai 100% sedangkan persentase kerja dari alat angkut belum mencapai 100% sehingga terdapat waktu tunggu yang terjadi bagi alat angkut untuk menunggu alat muat yang melakukan loading.

Grafik Hubungan Cycle Time Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat



Gambar 4. Grafik Hubungan Produktivitas Alat Gali Muat dengan Cycle Time.

Pola sebaran data menunjukkan tren menurun, di mana peningkatan cycle time secara konsisten diikuti oleh penurunan produktivitas alat gali. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9929 yang menunjukkan bahwa sebesar 99,29% variasi perubahan produktivitas dipengaruhi oleh variabel cycle time, dan sekitar 0,71%, dipengaruhi oleh faktor lain seperti efisiensi operator, kondisi material, ketersediaan alat pendukung, kondisi medan kerja, serta hambatan operasional.

Tabel 9. Regresi Linier Koefisien.

Model	Variabel	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	283.240	1.943	—	145.746	< 0.001	—	—
	Cycle_Time	-1.359	0.018	-0.997	-73.900	< 0.001	1.000	1.000

Keterangan:

a. Dependent Variable: Produktivitas

Berdasarkan tabel 9 Nilai t hitung untuk variabel cycle time sebesar $-73,900$ dengan signifikansi $< 0,001$, yang berarti pengaruhnya terhadap produktivitas bersifat sangat signifikan secara statistic.

Tabel 10. Regresi Linier Model Summary.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	0.997	0.993	0.993	0.79604	0.993	5461.257	1	38	< 0.001

Dari hasil analisis regresi linier yang dilakukan didapatkan persamaan yang memenuhi yaitu :

$$Y = -1,3517 (X) + 281,98.$$

Jadi nilai x (*cycle time*) yang memenuhi agar dapat mencapai *plan productivity* yang telah ditetapkan oleh Perusahaan sebesar 150 bcm/jam, yaitu sebesar 97,64 (detik). Berdasarkan *loading time* yang telah di dapat, maka agar dapat menjaga nilai match factor berada di angka optimal (0,8). Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *cycle time* alat angkut yang optimal untuk menjaga match factor berada pada angka 0,80 sebesar 969 (detik) atau 16,15 menit sehingga dapat direncanakan jarak dumping point dengan kecepatan rata-rata alat angkut 40-50 km/jam yaitu :

A. Dengan kecepatan 40 km/jam

$$V = \frac{S}{t}$$

$$S = v \cdot t$$

$$S = 40 \text{ km/jam} \times 16,15 \text{ menit}$$

$$S = 40 \text{ km/jam} \times \frac{16,15}{60} \text{ jam}$$

$$S = 40 \text{ km/jam} \times 0,269 \text{ jam}$$

$$S = 10,76 \text{ km jarak Pulang-Pergi (PP)}$$

B. Dengan kecepatan 50 km/jam

$$V = \frac{S}{t}$$

$$S = v \cdot t$$

$$S = 50 \text{ km/jam} \times 16,15 \text{ menit}$$

$$S = 50 \text{ km/jam} \times \frac{16,16}{60}$$

$$S = 50 \text{ km/jam} \times 0,269 \text{ jam}$$

$$S = 13,45 \text{ km dengan jarak Pulang-Pergi (PP)}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka jarak yang optimal berada di interval 5,38 km – 6,725 km untuk mencapai *cycle time* alat angkut dan match factor yang optimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja alat gali muat pada operasi pengupasan *overburden* belum sepenuhnya seragam, di mana Excavator 4002 hanya mencapai 91,35% dari target produktivitas perusahaan sebesar 150 bcm/jam, sedangkan Excavator 4004 mampu melampaui target dengan capaian 130,49%. Analisis regresi mengindikasikan bahwa *cycle time* memiliki pengaruh yang sangat kuat dan signifikan terhadap produktivitas alat gali muat, sementara faktor lain seperti kondisi jalan angkut, *bucket fill factor*, hambatan operasional, dan koordinasi alat turut berperan dalam menentukan efisiensi kerja berdasarkan observasi lapangan. Oleh karena itu, peningkatan kinerja operasional direkomendasikan melalui optimasi *bucket fill factor*, perbaikan kondisi jalan angkut, pengurangan waktu hambatan berdasarkan analisis *match factor*, agar target produksi dapat dicapai secara lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing, mengarahkan serta memberi saran kepada penulis dalam penyusunan jurnal ini. Terima kasih juga kepada PT Bumi Artlantis Raya yang telah mewadahi penulis selama melaksanakan penelitian serta kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis disebutkan satu persatu.

DAFTAR REFERENSI

- Anisari, R. (2016). Produktivitas Alat Muat Dan Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Di Pit 8 Fleet D PT . Jhonlin Baratama Jobsite Satui Kalimantan Selatan. *Intekna*, 16(1), 77–81.
- Base, K. (2004). *What is the Research Methods Knowledge Base ? Using the KB in a Course About the Author*. January 2007.
- Elvira, H. (2015). 225618 - Efisiensi-Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Penambangan. *E4a5B318*. 15 (3), 90–95.
- Fajri, R., & Anarta, R. (2024). Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Gali Angkut pada Kegiatan Penambangan Clay untuk Mencapai Target Produksi 33 . 000 Ton / Bulan Menggunakan Metode Match Factor di CV Bukit Clay Pasie Laweh , Kec . Lubuk Alung , Kab . Padang Pariaman Sumatera Bar. 9(3), 202–208.
- Geraldo Michel, O., Kusma Wijaya, D. A., & Ferdinandus, F. (2024). Analisis Match factor Alat Gali Muat Angkut Pada Kegiatan Ore Getting Di Blok I PT. Billy Indonesia Site Parenggean. *Action Research Literate*, 8(4), 666–676.
- Hult, G. T. M., Ketchen, D. J., & Slater, S. F. (2004). Information processing, knowledge development, and strategic supply chain performance. *Academy of Management Journal*, 47 (2), 241–253.

- Indonesianto, Yanto. (2015). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: UPN 'Veteran' Yogyakarta.
- Kusumah, E. P. (2018). Technology Acceptance Model (TAM) of Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Applications. *Integrated Journal of Business and Economics*, 2(1), 1.
- Magdalena, H., & Saksono, F. Y. (2024). Optimalisasi Waktu Hambatan Excavator Untuk Mencapai Target Produksi Batubara Pit C CV Kutai Kumala Energy. *Mineral*, 9(1), 1–8.
- Natalia, D. (2021). Penentuan Nilai Keserasian (Match Factor) untuk Optimalisasi Alat Berat pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Penutup Pertambangan Batubara PT. Tri Bakti Sarimas. *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi Dan Komputer*, 4(1), 480–491.
- Oemiati, N., Revisdah, R., & Rahmawati, R. (2020). Analisa Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden). *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 6(3).
- Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan tanah mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- Rusdi, I. (2023). *Modul Penggunaan SPSS untuk Pengolahan dan Analisis Data*. 1–54.
- Santoso, Iman G. (2017). *Studi Kesesuaian Alat Muat dan alat angkut dalam upaya mengoptimasi pengupasan tanah penutup (overburden) di pit bendili PT.KPC*. Universitas Mulawarman. Samarinda
- Setiabudi, H. dan N. (2024). Analisis Data Penelitian Menggunakan SPSS. *Analisis Data Penelitian Menggunakan SPSS*, 119.
- Situmorang, R. L., Burhan, G., 1995. *Peta Geologi Regional Lembar Tanjung Redeb, Kalimantan skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sugiyono, A. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Issue January).
- Tenrisukki. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2009 tentang *Pertambangan Mineral dan Batubara*, Pasal 1 angka 1. (n.d.).
- Winarno, E., Suretno, A., Produksi, T., & Winarno, E. (2019). *Jurnal Teknologi Pertambangan Vol . 4 No . 2 Periode September 2018 - Februari 2019 . Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara di PT Mandiri Intiperkasa , Kalimantan Utara*. 4(2), 144–153.
- Zulkarnain, F. (2020). *Pemindahan Tanah Mekanis dan Peralatan Konstruksi*. UMSU.PERS.