

ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN MATCH FACTOR ALAT GALI MUAT SERTA ALAT ANGKUT PT DUTA BARA UTAMA

Oktadila Rahmadani¹, Muhammad Arham Maulana Adha², Asti Audira³, Sri Desdita Komari^{4*} dan Aisyah Minzirkina Masbar Rus⁵

¹⁻⁵Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: sridesdita@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Batubara merupakan salah satu sumber energi utama yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi nasional. Efisiensi operasional pada kegiatan penambangan menjadi faktor kunci untuk mencapai produktivitas optimal, khususnya pada penggunaan alat gali-muat dan alat angkut. Penelitian ini dilakukan di PT Duta Bara Utama, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan, dengan tujuan menganalisis produktivitas alat gali-muat dan alat angkut serta menilai tingkat keserasian (*match factor*) antara keduanya. Berdasarkan hasil analisis, produktivitas *Excavator* VOLVO EC 480DL sebesar 258 BCM/jam dan *Excavator* HITACHI ZX 870 sebesar 367 BCM/jam, sedangkan *Dump truck* LGMG CMT 96 memiliki produktivitas rata-rata 55 BCM/jam. Nilai *match factor* berkisar antara 0,75–1,05 yang menunjukkan keseimbangan kerja alat tergolong efisien. Secara keseluruhan, kegiatan penambangan di PT Duta Bara Utama telah berjalan efektif, namun peningkatan efisiensi masih dapat dilakukan melalui perbaikan kondisi jalan tambang dan pengaturan waktu kerja alat.

Kata Kunci: Produktivitas, alat gali-muat, alat angkut, *match factor*.

ABSTRACT: Coal is one of the main energy sources that plays a vital role in meeting national energy demands. Operational efficiency in mining activities is a key factor in achieving optimal productivity, particularly in the utilization of loading and hauling equipment. This study was conducted at PT Duta Bara Utama, Muara Enim Regency, South Sumatra Province, with the objective of analyzing the productivity of loading and hauling equipment and evaluating their compatibility (*match factor*). The analysis results show that the productivity of the VOLVO EC 480DL excavator is 258 BCM/hour, while the HITACHI ZX 870 excavator achieves 367 BCM/hour. The average productivity of the LGMG CMT 96 dump truck is 55 BCM/hour. The *match factor* ranges from 0.75 to 1.05, indicating an efficient balance between loading and hauling operations. Overall, mining operations at PT Duta Bara Utama are considered effective, although production efficiency can still be improved through better haul road conditions and optimized equipment cycle time management.

Keywords: productivity, loading equipment, hauling equipment, *match factor*.

1 Pendahuluan

Berbagai negara merupakan penghasil dan pengekspor batubara, dimana Indonesia menjadi salah satu yang paling besar di dunia. Menurut informasi dari Kementerian ESDM, pada tahun 2024, jumlah produksi batubara mencapai 836 juta ton. “Endapan batubara yang kaya dapat ditemukan di daerah Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur. Muara Enim merupakan salah satu provinsi di Sumatera Selatan yang menjadi salah satusektor utama yang memberikan kontribusi besar bagi perkembangan ekonomi dalam bidang industri batubara” [1].

Batubara terbentuk dari pengendapan senyawa organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan setelah melalui proses yang menghasilkan gambut dan batubara, hingga membentuk lapisan batubara. Dalam waktu yang sangat lama, material ini menerima tekanan dan suhu yang lebih tinggi, yang mengakibatkan proses metamorfosis, pemadatan, serta perubahan kimia.

PT Duta Bara Utama adalah salah satu perusahaan yang beroperasi di sektor pertambangan batubara di Indonesia. Izin usaha Pertambangan (IUP) yang dimiliki oleh PT Duta Bara Utama berlaku dari 12 Desember 2011 sampai 12 Desember 2031, dengan area seluas 1967 Ha. Dalam proses penambangan di PT Duta Bara Utama menggunakan metode penambangan terbuka dengan sistem *strip mine*.

Seiring dengan pertumbuhan yang cepat dalam industri, PT. Duta Bara Utama mengambil langkah inovatif dan meningkatkan sistem manajemen operasional. Sebagai hasilnya Perusahaan memerlukan pegawai yang memiliki keterampilan, keahlian, dan kemampuan untuk beradaptasi dengan perkembangan zaman. Salah satu strategi yang bisa diambil oleh perusahaan adalah memberikan peluang kepada mahasiswa untuk melaksanakan Kerja Praktek (KP) di area perusahaan dengan maksud mendapatkan pengalaman langsung mengenai semua aspek penambangan batu bara yang ditujukan untuk mempersiapkan pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas alat gali-muat dan alat angkut dan menghitung faktor keserasian alat (*match factor*) antara alat gali-muat dan alat angkut pada PT Duta Bara Utama.

“Pada tambang terbuka terdapat beberapa cara penambangan salah satunya yaitu metode *open pit mining*. Penambangan dengan open pit mining dilakukan dengan cara pembukaan pada permukaan bumi pada endapan batubara atau bijih yang terletak pada daerah yang datar atau lembah dengan medan kerja digali menuju arah bawah sehingga akan terbentuk semacam cekungan atau pit” [2].

Tahapan kegiatan penambangan pada umumnya terdiri dari beberapa tahapan, diantaranya:

Pembersihan lahan (*land clearing*)

Pengupasan tanah pucuk (*stripping top soil*)

Pengupasan tanah penutup (*overburden removal*)

Penggalian batubara (*coal getting*)

Pemuatan (loading) dan pengangkutan (*hauling*)

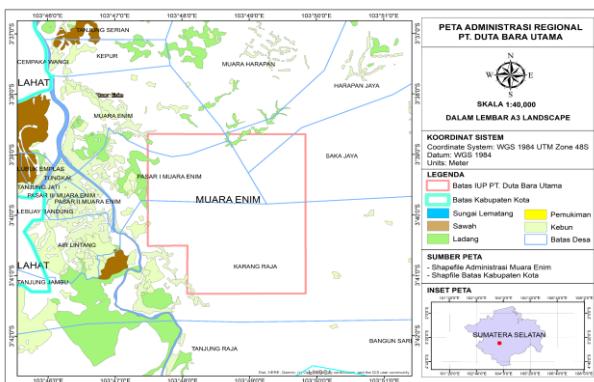
Penimbunan (*dumping*)

Menurut UU Minerba No.3 Tahun 2020 pasal 1 ayat 19, penambangan merupakan kegiatan untuk memproduksi mineral dan/atau batubara beserta mineral ikutannya.

2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area penambangan batubara milik PT Duta Bara Utama, yang secara administratif terletak di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan, Indonesia. Secara geografis, lokasi tambang berada pada koordinat sekitar $3^{\circ}35' - 3^{\circ}45'$ Lintang Selatan dan $103^{\circ}45' - 103^{\circ}55'$ Bujur Timur.

Wilayah kerja PT Duta Bara Utama termasuk dalam Cekungan Sumatera Selatan (*South Sumatra Basin*), yang merupakan salah satu cekungan batubara utama di Indonesia. Secara geologi, daerah ini didominasi oleh Formasi Muara Enim yang mengandung lapisan batubara dengan kualitas menengah hingga tinggi.



Gambar 2. 1 Peta Regional PT Duta Bara Utama

3 Metode Penelitian

Metode penelitian ini terbagi dengan beberapa macam metode yang digunakan di penelitian ini, yaitu:

1. *Studi Literatur*
2. *Studi literatur dilakukan dengan mencari studi kepustakaan yang mendukung pembuatan suatu penelitian yang diperoleh dari instansi terkait, jurnal, buku-buku tentang pergerakan tanah mekanik, dan informasi terkait lainnya.*

3. *Pengamatan Lapangan*

Observasi dilakukan secara langsung di area kerja pit PT Duta Bara Utama pit barat. Aktivitas yang diamati mencakup seluruh proses penambangan, mulai dari penggalian hingga penumpukan material batubara dan *overburden*.

3.3 Pengambilan Data

Pengumpulan data yang diperlukan untuk menyusun penelitian ini meliputi:

- 1) Data primer adalah informasi yang diperoleh dengan cara mengamati langsung di Lokasi. Ini mencakup keadaan cuaca, situasi jalan, jenis serta jumlah alat yang dipakai, waktu penggunaan peralatan, dan hal-hal lainnya.
- 2) Data sekunder adalah informasi yang didapat dari Perusahaan, buku, dan sumber lain yang relevan sebagai data tambahan. Jenis data yang dilakukan mencakup standar produktivitas. Selain itu, juga termasuk rincian tentang alat mekanis yang dipakai.

3.4 Pengolahan Data dan Analisis

Pengolahan Data dan Analisis Dari data yang didapat, dapat dilihat kegiatan penggalian dan efisiensi alat yang digunakan untuk memuat *overburden*. Data diolah ke dalam excel untuk diolah dan dianalisa dengan pendekatan kuantitatif.

4. Produktivitas Alat Gali-muat

Produktivitas alat gali-muat menunjukkan seberapa efisien sebuah alat dalam mencapai hasil produksi. Jika alat dapat mengangkut lebih banyak material dalam waktu yang singkat, maka produktivitasnya akan lebih tinggi. Contoh alat gali-muat termasuk *power shovel*, *dozer shovel*, *backhoe*, dan *dragline*. Untuk menghitung produktivitas alat ini, kita ambil jumlah material yang diangkut secara nyata, lalu dibagi dengan waktu siklus dari alat gali-muat tersebut. Dengan demikian, produktivitas dari alat gali-muat menggambarkan kapasitas nyata yang bisa dicapai berdasarkan keadaan kerja di lapangan.

ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN MATCH FACTOR ALAT GALI MUAT SERTA ALAT ANGKUT PT DUTA BARA UTAMA

$$P_{Excavator} = \frac{Kb(m^3) \times Ff \times Sf \times Eff}{ct} \times 3600 \quad (3.1)$$

Keterangan:

- P *excavator* : Produktivitas alat gali muat (BCM/jam)
 Kb : Kapasitas *bucket* (BCM)
 Ff : *Fill factor*
 Sf : *Swell factor*
 Eff : Efisiensi kerja
 Ct : Waktu edar muat *excavator* (s)

5. Produktivitas Alat Angkut

“Produktivitas dari alat angkut dihitung dengan membagi total material yang diangkut dengan waktu siklus dari alat angkut itu sendiri” [3]. Ketika waktu siklus dari alat angkut menjadi semakin efisien, maka produktivitasnya juga akan meningkat dalam mendukung aktivitas operasional di bidang pertambangan.

$$P_{Dump Truck} = \frac{n \times Kb(m^3) \times Ff \times Sf \times Eff}{ct} \times 3600 \quad (3.2)$$

Keterangan:

- P *dump truck*: Produktivitas alat angkut (BCM/jam)
 n : Frekuensi pengisian truck
 Kb : Kapasitas *bucket* (BCM)
 Ff : *Fill factor*
 Sf : *Swell factor*
 Eff : Efisiensi kerja
 Ct : Waktu edar angkut (s)

6. Faktor Pengembangan (*Swell factor*)

“*Swell factor* merupakan kenaikan volume suatu material setelah diambil dari tempat asalnya. Di alam, material tersebut pada umumnya ditemukan pada kondisi padat dan terkompresi dengan baik, dengan sedikit rongga yang terisi udara di antara partikel-partikelnnya, terutama jika partikel itu sangat kecil. Saat bahan tersebut diambil, volume meningkat karena partikel-partikel yang tidak lagi terkompak dengan sempurna”[4]. Tabel di bawah ini digunakan untuk menetapkan nilai faktor pengembangan sesuai dengan jenis material.

Tabel 3. 1 Tabel Bobot Isi dan Faktor Pengembangan Dari Berbagai Material (Tenriajeng, A. T, 2003)

Macam Material	Bobot isi (density) lb/cu yd insitu	<i>Swell factor</i> (%)
Bauksit	2700-4325	75
Tanah liat, kering	2300	85
Tanah liat, basah	2800-3000	80-82
Antrasit <i>(anthracite)</i>	2200	74
Batubara bituminous <i>(bituminous coal)</i>	1900	74
Bijih tembaga <i>(cooper ore)</i>	3800	74
Tanah biasa, kering	2800	85
Tanah biasa, basah	3370	85
Tanah biasa, bercampur pasir dan Krikil <i>(gravel)</i>	3100	90
Krikil kering	3250	89
Krikil basah	3600	86
Granit, pecah- pecah	4500	56-67
Hematit, pecah pecah	6500-8700	45
Bijih besi <i>(iron ore)</i> , pecah-pecah	3600-5500	45
Batu kapur, pecah-pecah	2500-4200	57-60
Lumpur	2160-2970	83
Lumpur, sudah ditekan	2970-3510	83
Pasir, kering	2200-3250	89
Pasir, basah	3300-3600	88
Serpik <i>(shale)</i>	3000	75
Batu sabak <i>(slate)</i>	4590-4860	77

7. Fill factor

Fill factor merupakan faktor yang menggambarkan seberapa penuh alat angkut seperti *bucket* atau *dump truck* terisi oleh material saat beroperasi. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh bentuk alat, jenis material, dan kondisi operasional di lapangan. *Fill factor* digunakan pada perhitungan produktivitas alat gali-muat untuk memperoleh volume efektif material yang diangkut. Nilai *fill factor* yang diterapkan dalam perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini. Tabel tersebut memuat *fill factor* berdasarkan jenis alat gali dan karakteristik material yang diangkut.

Tabel 3. 2 Tabel *Fill factor*

Material		Fill factor Range (% of heaped bucket capacity)
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

8. Waktu edar (Cycle time)

Waktu edar merujuk pada durasi yang diperlukan oleh mesin untuk menyelesaikan satu kali tugas. Setiap jenis mesin memiliki waktu siklus yang bervariasi, bergantung pada jumlah komponen yang ada dan waktu yang dibutuhkan oleh setiap komponen. “Waktu edar mencakup total waktu yang dibutuhkan oleh alat gali-muat dan alat angkut untuk menyelesaikan satu siklus produksi, dari awal hingga akhir, sampai mesin siap untuk memulai siklus selanjutnya” [5].

a) Waktu edar alat gali muat

“Waktu edar alat gali muat dapat diperoleh dari persamaan di bawah ini”[5].

$$Ct_{Loading} = T_{Digging} \times T_{Swing\ Loaded} \times T_{Dumping} \times T_{Swing\ Empty}. \quad (3.3)$$

Keterangan:

- Ct *loading* : Durasi edar alat gali muat (detik)
- T *digging* : Durasi menggali material (detik)
- T *swing load* : Durasi putar dengan *bucket* berisi/*swing loaded* (detik)
- T *dumping* : Durasi menumpahkan muatan (detik)
- T *swing empty* : Durasi putar dengan *bucket* kosong (detik)

b) Waktu edar alat angkut

Guna waktu edar alat angkut (*dump truck*) diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$Ct_{DT} = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 \quad (3.4)$$

Keterangan:

- Ct *dt* : Durasi edar alat angkut (detik)
- T1 : Durasi mengambil posisi untuk dimuat (detik)
- T2 : Durasi diisi muatan (*loading*) (detik)
- T3 : Durasi mengangkut muatan (detik)
- T4 : Durasi mengambil posisi untuk penumpahan (detik)
- T5 : Durasi pengosongan muatan (detik)
- T6 : Durasi kembali kosong (detik)

9. Efisiensi Kerja

Efisiensi dalam bekerja merupakan evaluasi tentang bagaimana suatu tugas dilaksanakan, yang dihitung dengan membandingkan durasi yang dihabiskan untuk bekerja dengan waktu yang ada[4]. Berbagai faktor dapat memengaruhi efisiensi kerja, seperti efektivitas waktu, penggunaan alat, kemampuan operator, serta ketersediaan peralatan. Berikut adalah tabel yang dipergunakan untuk menentukan nilai efesiensi kerja berdasarkan keadaan medan dan keadaan alat.

Tabel 3. 3 Tabel Faktor Effisiensi Kerja Alat (Tenriajeng, A. T, 2003)

Keadaan Medan	Keadaan Alat			
	Memuaskan	Bagus	Biasa	Buruk
Memuaskan	0,84	0,81	0,76	0,70
Bagus	0,78	0,75	0,71	0,65
Biasa	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

10. Faktor Keserasian Kerja (Match factor)

“Match factor” adalah perbandingan antara produktivitas alat angkut dan alat muat. Dalam aktivitas penambangan, *Match factor* antara alat muat dan angkut menjadi bagian penting. Ini bertujuan untuk memastikan keduanya dapat bekerja sama dengan efisien hingga 100%. Dengan kata lain, alat muat dan angkut seharusnya tidak saling menunggu tanpa adanya perencanaan” [6]. Mahesa dkk (2021) juga menjelaskan bahwa keselarasan kerja (*synchronization*) antara kedua alat tersebut dapat dianalisis dengan cara menghitung faktor keselarasan (*match factor*) yang dirumuskan seperti berikut.

$$MF = \frac{Naxn \times CT_m}{Nm \times CT_a} \quad (3.5)$$

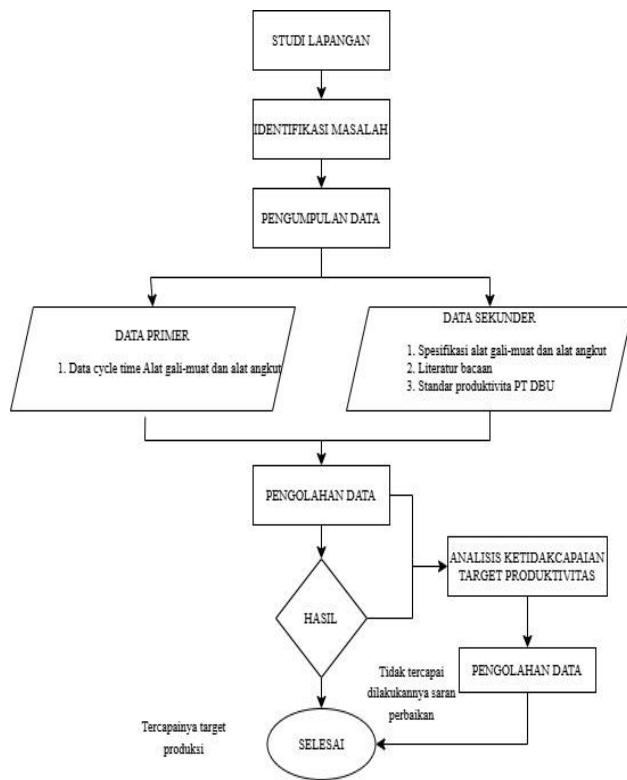
Keterangan:

- MF : *Match factor*

ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN MATCH FACTOR ALAT GALI MUAT SERTA ALAT ANGKUT PT DUTA BARA UTAMA

Na : Jumlah alat angkut
 Nm : Jumlah alat muat
 CTm : Cycle time muat
 CTa : Cycle time angkut
 n : frekuensi pengisian

- (2) Rencana produktivitas alat gali muat jenis Volvo EC 480 DL pada *overburden* sebesar 198 BCM/jam.
- (3) Rencana produktivitas alat gali muat jenis Volvo EC 480 DL pada *coal* sebesar 210 BCM/jam.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil dan pembahasan akan dijelaskan mengenai perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut serta perhitungan faktor keserasian alat (*match factor*) yang telah diteliti di lokasi penelitian. Sebelum melakukan perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut, terdapat rencana produktivitas alat gali muat yang telah diperhitungkan oleh pihak perusahaan.

11. 4.1. Rencana Produktivitas Alat gali-muat perusahaan

- (1) Rencana produktivitas alat gali muat jenis Hitachi ZX 870 pada *overburden* sebesar 350 BCM/jam.

12. 4.2. Perhitungan Produktivitas Peralatan Mekanis (Alat Gali-muat)

Produktivitas alat gali muat terbagi menjadi dua unit untuk material *overburden* yang menggunakan *excavator* HITACHI 870 dan *excavator* VOLVO 480 DL sedangkan untuk unit material *coal* menggunakan alat *excavator* VOLVO 480 DL dengan perhitungan yang menggunakan persamaan 3.1. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Perhitungan Alat Gali-muat material *overburden* dan *coal*

	Hitachi ZX 870 LC	Volvo EC 480 DL	Volvo EC 480 DL
Material/fleet	OB/1	OB/2	Coal/1&2
<i>Bucket capacity (m³)</i>	5	3,3	3,3
<i>Swell factor (%)</i>	85	85	74
<i>Cycle time (sec)</i>	27,08	25,44	24,78
<i>Job efficiency (%)</i>	65	65	65
<i>Fill factor(%)</i>	100	100	100
<i>Density(ton/m³)</i>			1,26
<i>Productivity</i>	367	258	291

13. 4.3. Produktivitas Alat Angkut Material *Overburden* dan *coal*

Produktivitas alat angkut terbagi menjadi beberapa unit, untuk material *overburden* terdiri dari unit LGMG CMT 96 (*fleet 1*), LGMG CMT 96 (*fleet 2*), Hino 500, Scania (*fleet 2*) serta untuk batubara yaitu unit Quester CWE 28064R (*fleet 1*), Quester CWE 28064R, Sania (*fleet 2*) dan Quester CWE 28064R tanpa *tail gate* (*fleet 2*) dengan perhitungan yang menggunakan persamaan 3.2. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Perhitungan Produktivitas alat angkut material *overburden* dan *coal*

<i>Overburden</i>			
	LGMG CMT 96	LGMG CMT 96	HINO 500, SCANIA
<i>Vessel capacity</i> (BCM)	21,1	22,44	16,1
Passing (n)	5	8	6
<i>Cycle time</i> (sec)	907	963	910
<i>Swell factor</i> (%)	85	85	85
<i>Job efficiency</i> (%)	65	65	65
<i>Fill factor</i> (%)	100	100	100
Produktivitas	55	55	43
<i>Coal</i>			
	Quester CWE	Scania, Quester CWE	Quester CWE (non tail gate)
<i>Vessel capacity</i> (BCM)	25,4	22,44	15,9
Passing (n)	8	8	5
<i>Cycle time</i> (sec)	1162	1147	944
<i>Swell factor</i> (%)	74	74	74
<i>Job efficiency</i> (%)	65	65	65
<i>Fill factor</i> (%)	100	100	100
Densitas	1,26	1,26	1,26
Produktivitas	50	52	39

14. 4.4. Perhitungan Faktor Keserasian (*Match factor*) Alat Gali Muat *Excavator* Alat Angkut *Dump truck*

Perhitungan *match factor* dilakukan guna menentukan tingkat keseimbangan waktu kerja antara alat gali-muat dan alat angkut. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan terhadap beberapa kombinasi alat yang digunakan di lapangan, Adapun konfigurasi alat yang dianalisis adalah sebagai berikut:

- (1) Alat Gali Muat *Excavator* HITACHI ZX 870 LC dan Alat Angkut *Dump truck* LGMG CMT 96 Untuk *Overburden*

- (2) Alat Gali Muat *Excavator* VOLVO EC 480 DL dan Alat Angkut *Dump truck* LGMG CMT 96, HINO 500, SCANIA untuk *Overburden*
- (3) Alat Gali Muat *Excavator* VOLVO 480D dan Alat Angkut *Dump truck* QUESTER CWE 28064R pada *Fleet 1* untuk Batubara
- (4) Alat Gali Muat *Excavator* VOLVO 480D dan Alat Angkut *Dump truck* SCANIA, QUESTER CWE 28064R pada *Fleet 2* untuk Batubara

Perhitungan *match factor* menggunakan persamaan 3.5 hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Perhitungan *Match factor*

<i>Overburden</i>			
	Hitachi & LGMG CMT 96 (fleet 1)	VOLVO & HINO 500, SCANIA (fleet 2)	VOLVO & LGMG CMT 96 (fleet 2)
Passing(n)	5	6	8
Jumlah alat angkut (Na)	5	5	1
Jumlah alat muat (Nm)	1	1	1
Waktu edar alat muat (sec)	27,08	25,44	25,44
Waktu edar alat angkut (sec)	907	910	963
<i>Match</i> <i>factor</i>	0,75	0,84	0,21
<i>Match</i> <i>factor</i> gabungan	0,75		1,05
<i>Coal</i>			
	Volvo & Quester Cwe 28064R (fleet 1)	Volvo & Scania (fleet 2)	Volvo & Quester Cwe 28064R (tanpa tail gait) (fleet 2)
Passing(n)	8	8	5
Jumlah alat angkut (Na)	5	4	1
Jumlah alat muat (Nm)	1	1	1
Waktu edar alat muat (sec)	24,78	24,78	24,7
Waktu edar alat	1162	1147	944

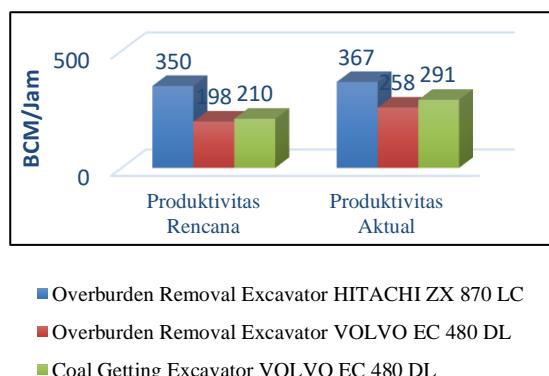
ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN MATCH FACTOR ALAT GALI MUAT SERTA ALAT ANGKUT PT DUTA BARA UTAMA

angkut (sec)			
Match factor	0,85	0,69	0,13
Match factor	0,85		0,82
gabungan			

Pada penelitian ini, penulis mendapatkan data bahwa *match factor* ada yang bernilai satu dan kurang dari satu. Berikut rincian *match factor* antara *loader* dan *hauler* yang digunakan pada pengupasan *overburden* dan batubara di pit barat.

- (1) Alat Gali Muat *Excavator* HITACHI ZX 870 LC dan Alat Angkut *Dump truck* LGMG CMT 96 sebesar 0,75.
- (2) Alat Gali Muat *Excavator* VOLVO EC 480 DL dan Alat Angkut *Dump truck* LGMG CMT 96, HINO 500, SCANIA sebesar 1,05.
- (3) Alat Gali Muat *Excavator* VOLVO 480D dan Alat Angkut *Dump truck* QUESTER CWE 28064R pada *fleet* 1 sebesar 0,85.
- (4) Alat Gali Muat *Excavator* VOLVO 480D dan Alat Angkut *Dump truck* SCANIA, QUESTER CWE 28064R pada *fleet* 2 sebesar 0,82

15. 4.5. Perbandingan Produktivitas Alat Gali-Muat antara Produktivitas Rencana dan Produktivitas Aktual



Gambar 4. 1 Diagram Perbandingan Produktivitas Alat Gali-Muat Rencana dan Aktual

Pada diagram diatas menampilkan produktivitas rencana dan produktivitas actual alat gali-muat untuk material *overburden* dan *coal*. Alat gali-muat pada

material *overburden* terdiri dari *excavator* HITACHI ZX870 LC (warna biru pada diagram) dan VOLVO EC 480 DL (warna jingga pada diagram). Dan untuk material *coal* dengan *excavator* VOLVO EC 480 DL (warna abu-abu pada diagram). Sesuai pada diagram Produktivitas Alat Gali Muat pada *Overburden Removal Excavator* HITACHI ZX 870 LC dan *Excavator* VOLVO EC 480 DL dan *Coal Getting Excavator* VOLVO EC 480 DL tercapai.

16. 4.6. Identifikasi Hambatan Operasional

- (1) Material Keras dan Kompak: Material *overburden* yang didominasi oleh batu lempung terkonsolidasi dengan nilai UCS > 5 MPa menyebabkan peningkatan digging time dan wear rate *bucket*. Kondisi ini diperburuk oleh keterbatasan unit ripper yang hanya dialokasikan untuk penggalian batubara.
- (2) Kondisi Jalan Tambang: Jalan tambang dengan permukaan bergelombang (undulating) dan grade exceeding 9% menyebabkan penurunan kecepatan *dump truck* dan peningkatan *cycle time*. Monitoring menunjukkan penurunan kecepatan rata-rata dari 25 km/jam menjadi 15 km/jam pada segmen dengan grade tinggi.
- (3) Kendala Penirisan Tambang: Genangan air di bottom pit akibat keterbatasan kapasitas pompa dan tingginya Total Suspended Solid (TSS > 100 mg/Liter) menghambat operasi penggalian dan meningkatkan risiko stuck alat.
- (4) Antrian Alat Angkut: Fenomena crowded hauler di area pemuatan terjadi akibat ketidak sinkronan antara proses pemuatan dan perapihan front. Monitoring menunjukkan wait time mencapai 15-20 menit selama peak operation.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

17. 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- (1) Produktivitas alat gali muat dan alat angkut secara umum telah memenuhi atau melampaui target rencana, dengan *excavator* Hitachi ZX 870 LC mencapai 367 BCM/jam, *excavator* Volvo EC 480DL untuk *overburden* mencapai 258 BCM/jam, dan untuk batubara mencapai 291 ton/jam. Namun, pencapaian ini tidak diikuti dengan efisiensi operasional yang optimal.
- (2) Analisis *match factor* mengungkap ketidakseimbangan operasional yang signifikan dengan nilai bervariasi antara 0,75-1,05.

Ketidakseimbangan ini menyebabkan idle time baik pada alat muat maupun alat angkut, yang berimplikasi pada penurunan efisiensi sistem secara keseluruhan.

- (3) Hambatan operasional utama yang mempengaruhi efisiensi terdiri dari material *overburden* yang keras dan kompak, kondisi jalan tambang yang bergelombang dengan grade exceeding 9%, kendala sistem penirisan tambang, serta antrian alat angkut di area pemuatan.

18. 5.2. Saran

Berdasarkan temuan penelitian, direkomendasikan beberapa strategi untuk meningkatkan efisiensi operasional termasuk optimalisasi jumlah dan komposisi alat dengan menambah 2-3 unit *dump truck* pada *fleet* batubara untuk menurunkan *match factor* dari 0,85 menjadi 0,95 dan melakukan redistribusi unit *dump truck* antar *fleet* berdasarkan analisis *match factor*. Peningkatan infrastruktur jalan tambang perlu dilakukan dengan meningkatkan frekuensi perawatan jalan dengan menambah shift operasional grader dari 1 menjadi 2 shift, mengoptimalkan material untuk perbaikan jalan dengan memanfaatkan *overburden* berkualitas baik, serta melakukan re-design pada segmen jalan dengan grade tinggi untuk menurunkan kemiringan menjadi maksimal 8%. Optimisasi sistem penirisan diperlukan dengan menambah kapasitas pompa di area bottom pit sebesar 30-40%, meningkatkan frekuensi maintenance pada kolam pengendapan lumpur, dan mengimplementasikan sistem monitoring TSS real-time untuk optimisasi proses sedimentasi. Peningkatan manajemen operasional dapat dicapai melalui pengembangan sistem komunikasi real-time antara operator *excavator* dan *dump truck*, implementasi buffer zone untuk mengurangi antrian *dump truck*, serta peningkatan frekuensi perapihan front selama operasi berlangsung. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk melakukan studi detail mengenai economic life component alat berat berdasarkan kondisi operasional spesifik, mengembangkan model simulasi dinamik untuk optimisasi *match factor* under various operational scenarios, serta meneliti aplikasi teknologi IoT untuk real-time monitoring of equipment performance and condition.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan paper ini, terutama kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahannya. Semoga karya ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

7. Daftar Pustaka

- [1] Syaputra, R., Santoso, A.B., Retongga N., Alfianita, L., Mu'awanah, F.R., & Heriyadi, N. W. A. A. T., (2023). Analisis Peran Sektor Pertambangan dalam Pembangunan Regional Berkelanjutan di Provinsi Sumatera Selatan dengan Menerapkan Pendekatan Analisis Model Input-Ouput. *Jurnal Teknologi*, 16(1), 37–47.
- [2] Irwandy Arif. 2002. *Perencanaan Tambang*, Gunadarma, Jakarta.
- [3] Indonesianto, Yanto. (2005). "Pemindahan Tanah Mekanis, Yogyakarta Seri Tambang Umum". UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [4] Tenriajeng, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Universitas Gunadarma
- [5] Peurifoy, R.L., Schexnayder, C.J., Shapira, Aviad. (2006). "Construction Planning, Equipment, and Methods", 7th Edition. New York: McGraw-Hill
- [6] Mahesa, R. T., Octova, A., & Mingsi, Y. (2021). 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*, 6(5), 2302-3333.