

Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar dan Efisiensi Operasional dalam Kegiatan Pengangkutan Bijih Nikel dari *Front* Penambangan ke *Stockpile* di PT Celebes Multisarana Sakti

Mifta Huljannah*, Aulia Hidayat Burhamidar, Riam Marlina A, Fadhilah

Dapartemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* hmifta0830@gmail.com

Abstrak. PT Celebes Multisarana Sakti merupakan perusahaan tambang nikel laterit dengan sistem tambang terbuka (*open pit*). Penggunaan alat berat yang belum optimal berakibat pada penurunan produktivitas dan peningkatan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan konsumsi bahan bakar dan efisiensi operasional melalui pendekatan keserasian alat dan manajemen waktu kerja. Hasil penelitian menunjukkan konsumsi bahan bakar aktual 20.578 liter/bulan dengan rasio bahan bakar 1,09 liter/ton, serta produksi aktual 19.028,82 ton yang belum mencapai target 24.000 ton. Rekomendasi optimasi meliputi penyesuaian armada *dump truck* dari 11 menjadi 8 unit dan peningkatan jam kerja efektif melalui reduksi waktu hambatan. Implementasi rekomendasi berhasil meningkatkan produksi menjadi 26.101 ton (melampaui target), menurunkan rasio bahan bakar menjadi 0,8 liter/ton, serta mengurangi biaya bahan bakar per ton sebesar 27,2% menjadi Rp 14.099. Optimasi ini meningkatkan *match factor* dari 1,24 menjadi 0,90 dan efisiensi kerja dari 53,6% menjadi 73,6%, menciptakan sistem operasional yang lebih efisien dan ekonomis.

Kata kunci: optimalisasi bahan bakar, efisiensi operasional, faktor keserasian, produktivitas, pertambangan nikel laterit

Abstract. PT Celebes Multisarana Sakti is a nickel laterite mining company operating with an open-pit system. The suboptimal use of heavy equipment has led to decreased productivity and increased operational costs. This study aims to optimize fuel consumption and operational efficiency through the matching of equipment and effective work-time management approaches. Research findings indicate an actual fuel consumption of 20,578 liters/month with a fuel ratio of 1.09 liters/ton, along with an actual production of 19,028.82 tons that fell short of the 24,000-ton target. Optimization recommendations include adjusting the dump truck fleet from 11 to 8 units and increasing effective working hours by reducing delay time. The implementation of these recommendations successfully increased production to 26,101 tons (exceeding the target), reduced the fuel ratio to 0.8 liters/ton, and decreased the fuel cost per ton by 27.2% to IDR 14,099. This optimization improved the match factor from 1.24 to 0.90 and work efficiency from 53.6% to 73.6%, creating a more efficient and economical operational system.

Keywords: fuel optimization, operational efficiency, match factor, productivity, nickel laterite mining

Tanggal Diterima: 28/01/2026; Tanggal Direvisi: 29/01/2026; Tanggal Disetujui: 30/01/2026; Tanggal Dipublikasi: 31/01/2026

1. Pendahuluan

Nikel merupakan logam strategis bernilai ekonomi tinggi yang banyak digunakan dalam industri *stainless steel*, baterai, dan komponen elektronik. Kebutuhan nikel terus meningkat seiring dengan pertumbuhan energi terbarukan dan kendaraan listrik global. Indonesia memiliki cadangan nikel terbesar di dunia yang mencapai sekitar 52% dari total cadangan global, dengan Provinsi Sulawesi Tenggara sebagai pusat aktivitas pertambangan nikel nasional [1].

Salah satu perusahaan yang beroperasi di wilayah ini adalah PT Celebes Multisarana Sakti, kontraktor tambang bijih nikel di Site Morombo Pantai, Konawe Utara. PT Celebes Multisarana Sakti menggunakan metode *open pit selective mining* dengan kombinasi alat gali muat *Excavator* SK 200 dan alat angkut *dump truck* Hino serta Iveco.

Berdasarkan pengamatan di Pit Blok C1 pada September 2024, teridentifikasi masalah operasional dengan produksi aktual hanya 19.028,82 ton dari target 24.000 ton dan konsumsi bahan bakar 20.578 liter. Observasi lapangan menunjukkan adanya ketidakefisienan operasional, ditandai dengan adanya antrian *dump truck* dan *excavator* yang menganggur, mengindikasikan ketidakserasian alat (*match factor*), sehingga menurunkan produktivitas sekaligus meningkatkan konsumsi bahan bakar.

Studi literatur menunjukkan efisiensi *fuel ratio* pada operasi pertambangan nikel dapat mencapai 0,8 liter/ton melalui optimalisasi keserasian alat [2]. Namun, konsumsi bahan bakar di lokasi penelitian sebesar 20.578 liter untuk produksi 19.028,82 ton mengindikasikan masih ada peluang peningkatan efisiensi. Selama ini evaluasi kinerja lebih menekankan produktivitas tonase tanpa menelaah

keterkaitan antara keserasian alat, waktu tunggu, dan konsumsi bahan bakar. Padahal, ketidakserasian alat tidak hanya menimbulkan antrian dan menurunkan produktivitas, tetapi juga meningkatkan penggunaan bahan bakar secara tidak efisien.

Oleh karena itu, diperlukan evaluasi mendalam terhadap *lose time* serta upaya optimalisasi *match factor* agar mendekati angka ideal atau sama dengan satu. Penyesuaian jumlah dan komposisi alat berat serta pengurangan hambatan operasional diharapkan mampu meningkatkan produktivitas hingga mencapai target 24.000 ton, menekan *fuel ratio*, dan mengurangi biaya operasional.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pemuatan dan Pengangkutan

2.1.1 Pemuatan

Pemuatan (*loading*) merupakan kegiatan memindahkan material hasil produksi ke alat angkut dengan bantuan alat gali muat *excavator*. *Excavator* bekerja menggunakan sistem hidrolik untuk menggerakkan *bucket* sehingga mampu menggali dan memuat material. Pemilihan *excavator* dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu kapasitas *bucket*, kondisi kerja, serta kemampuan alat dalam menghadapi berbagai jenis material. Pada proses pemuatan bijih nikel PT Celebes Multisarana Sakti menggunakan alat gali muat *excavator* Kobelco SK-200, Berikut adalah proses kegiatan pemuatan (*loading*) bijih nikel ke alat angkut ditunjukkan pada Gambar 1 [3].



Gambar 1. Pemuatan (*Loading*)

2.1.2 Pengangkutan

Pengangkutan (*hauling*) merupakan kegiatan pemindahan material hasil produksi dari lokasi penambangan menuju ke tempat penampungan atau pengolahan. Alat angkut yang umum digunakan pada jarak dekat hingga sedang adalah *dump truck*, karena memiliki kecepatan gerak tinggi, kapasitas besar, serta biaya operasional relatif rendah. Pemilihan jenis alat angkut dipengaruhi oleh kondisi lapangan, volume material, waktu, dan biaya. *Dump truck* juga memiliki keunggulan dalam keserasian operasional dengan alat muat, sehingga mudah diintegrasikan dalam proses produksi [4].

Pada proses pengangkutan bijih nikel, PT Celebes Multisarana Sakti menggunakan alat angkut *dump truck* merek Hino/Iveco. Material bijih nikel diangkut ketempat penyimpanan bijih nikel di ETO (*Exportable Transit Ore*) atau di EFO (*Exportable*

Final Ore). Seperti yang terlihat pada Gambar 8 berikut adalah kegiatan pengangkutan (*hauling*) bijih nikel, sebagai berikut.



Gambar 2. Pengangkutan (*Hauling*)

2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat

2.2.1 Sifat Material

2.2.1.1 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Swell factor adalah besarnya peningkatan volume bank (keadaan asli) menjadi volume lepas (keadaan tergali) akibat adanya rongga udara yang ditambahkan pada material setelah penggalian. Nilai *swell factor* untuk berbagai jenis material dapat dilihat pada Tabel 1 berikut [3].

Tabel 1. Nilai *Swell Factor*

Jenis Material	Density (Ib/cu yd)	SF
Bauksit	3.700-4325	75
Tanah liat kering	2.300	85
Tanah liat basah	2.800-3.000	80-82
Antrasit	2.200	74
Batubara bituminus	1.900	74
Bijih tembaga	3800	74
Tanah biasa kering	2.800	85
Tanah biasa basah	3.370	85
Tanah bisa campuran pasir dan kerikil	3.100	90
Kerikil kering	3250	89
Kerikil basah	3.600	88
Granit pecah-pecah	4.500	56-67
Hematit pecah-pecah	6.500-8.700	45
Bijih besi 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
Sepih (<i>shale</i>)	3000	75
Batu sabak (<i>slate</i>)	4590-4860	77

2.2.1.2 Faktor Pengisian Mangkok (*Bucket Fill Factor*)

Bucket fill factor adalah perbandingan antara volume material yang ditampung oleh mangkuk terhadap volume mangkuk secara teoritis. Untuk menghitung nilai *bucket fill factor* dapat menggunakan persamaan berikut [5]

$$Bff = \frac{Va}{Vt} \times 100\%$$

Keterangan:

Bff = *Bucket fill factor* (%)
Va = Volume aktual (m^3)
Vt = Volume teoritis (m^3)

2.2.1.3 Density Material

Density adalah berat per unit volume material yang dipengaruhi ukuran partikel, kandungan air, pori-pori dan kondisi lainnya [6]

$$\rho = \frac{\text{Berat Material}}{\text{Volume Material}} \text{ (ton/m}^3\text{)}$$

2.2.1.4 Bentuk Material

Bentuk material ditentukan oleh ukuran butir dan distribusi partikel yang memengaruhi penataan ruang dalam volume tertentu [7].

2.2.2 Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu edar atau *cycle time* (CT) adalah durasi total yang dibutuhkan alat berat, seperti *dump truck* atau *excavator*, untuk menyelesaikan satu siklus operasi penuh dan diukur dalam menit atau detik; faktor ini sangat memengaruhi produktivitas karena semakin kecil waktu edar maka semakin besar jumlah produksi per jam, serta waktu edar terbagi menjadi dua jenis utama [8].

2.2.3.1 Waktu Edar Alat Gali Muat

Waktu edar alat muat Merupakan total waktu pada alat muat (*excavator*) yang dimulai dari waktu pengisian *bucket*, waktu mengayun dengan bermuatan, waktu menumpahkan muatan kedalam alat, dan waktu kembali kosong. Rumus waktu edar (*cycle time*) alat muat dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut [9]:

$$CTm = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4$$

Dimana:

CTm = Total waktu edar alatgali-muat (s)
Tm₁ = Waktu memuat material (s)
Tm₂ = Waktu *swing bucket* bermuatan (s)
Tm₃ = Waktu menumpahkan muatan (s)
Tm₄ = Waktu *swing bucket* kosong (s)

2.2.3.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut (*dump truck*) terdiri dari waktu pemutan, waktu pengangkutan, waktu *manuver* isi, waktu *dumping*, waktu kembali dan waktu *manuver* kosong. Rumus *cycle time* alat angkut dapat dilihat pada persamaan berikut [9]:

$$CTa = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6$$

Dimana:

CTa = Total waktu edar alat angkut (s)
Ta₁ = Waktu pemuatan (s)
Ta₂ = Waktu pengangkutan (s)
Ta₃ = Waktu *manuver* isi (s)
Ta₄ = Waktu *dumping* (s)
Ta₅ = Waktu kembali (s)
Ta₆ = Waktu *manuver* kosong (s)

2.2.3 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja tersedia, dinyatakan dalam persen. Untuk menghitung efesiensi kerja dapat dilihat pada rumus persamaan sebagai berikut [10].

$$Ek = \frac{We}{Wt} \times 100\%$$

Keterangan :

Ek = Efisiensi kerja (%)
We = Waktu kerja efektif (menit)
Wt = Waktu kerja tersedia (menit)

2.2.4 Produktivitas

Kemampuan produksi penambangan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan kemampuan produktivitas alat mekanis masing-masing rangkaian kerja yang telah ditetapkan. Semakin besar hasil produksi suatu alat dalam waktu yang singkat berarti produktivitas alat tersebut juga akan semakin baik, untuk menghitung produktivitas alat angkut *dump truck* menggunakan rumus persamaan sebagai berikut [11].

$$PM = \frac{3600}{Ctm} \times n \times Kb \times Bff \times Eff \times Sf$$

Keterangan:

PM = Produktivitas per/jam (m^3 /jam)
Kb = Kapasitas *bucket* (m^3)
Bff = *Bucket fill factor*
SF = *Swell Factor*
Ctm = Waktu edar alat angkut (detik)
Eff = Efesiensi kerja
n = Jumlah *bucket* alat muat untuk pengisian ke alat angkut.

2.2.5 Keserasian Alat (Match Factor)

Faktor keserasian (*Match Factor*) digunakan untuk mengetahui jumlah *dump truck* yang sesuai (serasi) untuk melayani satu unit *excavator*. Untuk menilai keserasian kerja alat muat dan alat angkut dapat menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut [12].

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

Keterangan:

MF = Faktor Keserasian
Nm = Jumlah alat gali-muat
CTm = Waktu edar alat gali-muat
CTa = Waktu edar alat angkut
Na = Jumlah Alat Angkut
n = Banyaknya pengisian tiap satu alat angkut

Adapun cara menilainya adalah:

- 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 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.

2.3 Bahan Bakar

Perhitungan konsumsi bahan bakar untuk menentukan jumlah besarnya konsumsi bahan bakar yang digunakan perlu diperhitungkan agar efisien. *Fuel consumption* merupakan hal utama yang selalu jadi pertimbangan untuk pemilihan suatu alat, pada penggunaan bahan bakar perilaku operator sangat menentukan meliputi, panjang lintasan, banyaknya waktu berhenti, muatan alat, dan kondisi sangat mempengaruhi bahan bakar, karena secara umum *fuel consumption* penyumbang *cost* operasional yang paling besar [13]

Untuk mencari *fuel consumption* per jam dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut [14]:

$$Fc = \frac{\text{Total Fc}}{\text{Jam Kerja}}$$

Fuel Ratio yaitu suatu nilai rasio perbandingan penggunaan bahan bakar per jam (liter/jam) dengan produksi yang dihasilkan per jam (BCM/jam). Untuk mengetahui nilai *Fuel ratio* dapat diketahui dengan rumus pada persamaan sebagai berikut [14]:

$$FR = \frac{FC}{P}$$

Keterangan:

FR = *Fuel ratio* (liter/bcm)
FC = *Fuel consumption* (liter)
P = Produksi (bcm/jam)

Biaya bahan bakar dihitung dengan rumus pada persamaan sebagai berikut [15].

Biaya = Pemakaian bahan bakar (liter/jam) x harga bahan bakar (liter)

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan dengan mengumpulkan data melalui observasi langsung dan pengukuran *cycle time* alat gali-muat serta alat angkut untuk menganalisis keserasian alat (*match factor*) dan efisiensi konsumsi bahan bakar. Instrumen penelitian meliputi *stopwatch*, buku lapangan, GPS, kamera, dan perangkat lunak analisis data. Data terdiri dari data primer (*cycle time*, waktu tunggu, konsumsi bahan bakar, produktivitas aktual) dan data sekunder (spesifikasi alat, target produksi, *time sheet*, data historis). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, studi literatur, dan orientasi lapangan.

Pengolahan data mengikuti tiga tahapan analisis:

1. analisis kondisi aktual pengangkutan bijih nikel di Pit Blok C1
2. analisis strategi optimasi *match factor* dan peningkatan produktivitas untuk mencapai target produksi 24.000 ton/bulan
3. analisis komparatif produksi, *fuel ratio*, dan biaya bahan bakar per ton alat angkut sebelum dan sesudah optimalisasi *match factor*.

Seluruh data dianalisis secara kuantitatif menggunakan perhitungan matematis dan statistik untuk mengevaluasi parameter operasional dan merumuskan strategi optimasi yang efektif.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

4.1.1 Pola Muatan

Pola pemuatan *Top Loading* yaitu *excavator* melakukan pemuatan dengan menempatkan dirinya di atas jenjang atau truk berada di bawah alat muat (Gambar 3). Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan truk adalah *Single Back-Up*, yaitu truk memposisikan diri untuk dimuati pada satu tempat, sedangkan truk berikutnya menunggu truk pertama dimuati sampai penuh, setelah truk pertama berangkat truk kedua memposisikan diri untuk dimuati dan begitu seterusnya.



Gambar 3. Pola Pemuatan

4.1.2 Waktu Edar (*Cycle Time*)

4.1.2.1 Alat Gali Muat

Tabel 2. *Cycle Time* Alat Gali Muat

	<i>Cycle Time</i> (detik)			
	Tm ₁	Tm ₂	Tm ₃	Tm ₄
	5,63	5,01	4,65	4,52
CTm	= Tm ₁ + Tm ₂ + Tm ₃ + Tm ₄			
	= 5,63 + 5,01 + 4,65 + 4,52			
	= 19,80 detik			

Untuk mengisi penuh *dump truck* jumlah siklus yang dibutuhkan adalah sebanyak 10 kali. Waktu yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengisian } \text{dump truck} &= 10 \times 19,80 \text{ detik} \\ &= 198 \text{ detik} \\ &= 3,3 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dari data didapatkan bahwa siklus rata-rata dalam pengisian satu *dump truck* adalah sebanyak 10 kali dengan waktu 3,3 menit.

4.1.2.2 Alat Angkut

Tabel 3. Cycle Time Alat Angkut

Cycle Time (detik)					
Ta ₁	Ta ₂	Ta ₃	Ta ₄	Ta ₅	Ta ₆
198,01	780,91	25,35	26,57	697,86	23,15

$$\begin{aligned}
 CTa &= Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6 \\
 &= 198,01 + 25,35 + 26,57 + 697,86 + 23,15 \\
 &= 1751,85 \text{ (detik)} \\
 &= 29,20 \text{ (menit)}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Jam Kerja

Jam kerja tersedia yakni 9 jam, sedangkan waktu kerja efektif untuk melakukan kegiatan produksi adalah 8 jam atau 480 menit/hari dari Sabtu hingga Kamis. Khusus pada hari Jum'at, waktu kerja produktif berkurang menjadi 7 jam atau 420 menit. Data jam kerja dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Jam Kerja

Jam Kerja		
	Sabtu-Kamis	Jum'at
Kegiatan	Waktu	Waktu
Kerja Produktif Ke-1	08.00-12.00	08.00-11.00
Istirahat	12.00-13.00	11.00-13.00
Kerja Produktif Ke-2	13.00-17.00	13.00-17.00
Waktu kerja produktif	8 Jam	7 jam
Istirahat	1 jam	2 Jam
Waktu Kerja Tersedia	9 Jam	9 jam

4.1.4 Effective Working Hours

Tabel 5. Effective Working Hours

Description	Working Hours Production monthly	
	Sep	Satuan
Hari kelender	30	hari/bulan
Hari kerja dalam sebulan	30	hari/bulan
Waktu kerja tersedia (WT)	236	jam/bulan
Meal and Rest	30	hari/bulan
Sholat Jum'at	4	hari/bulan
Lose time		
Standby/ Tidak ada aktivitas	46	jam/bulan
Road/front maintenance	18,18	jam/bulan
Hujan	8	jam/bulan
Jalan licin	10	jam/bulan
Terlambat mulai bekerja	12,16	jam/bulan
Berhenti sebelum istirahat	11,18	jam/bulan
Terlambat setelah istirahat	03,05	jam/bulan
Berhenti sebelum shift berakhir	3,33	jam/bulan
Total lose time	112,30	jam/bulan
Lembur	2,54	jam/bulan
Jam kerja efektif (EWH)	126,24	jam/bulan
Hari kelender	30	hari/bulan
Hari kerja dalam sebulan	30	hari/bulan
Waktu kerja tersedia (WT)	236	jam/bulan

Tabel 6. Efisiensi Kerja

EWH (jam)	WT(jam)	Efisiensi kerja(%)
126,24	236	53,6

Berdasarkan tabel EWH (Effective Working Hours) diatas didapatkan waktu kerja efektif 126,24 jam/bulan sehingga dapat dihitung efisiensi kerja 53,6% pada bulan September.

4.1.5 Match Factor

Tabel 7. Match Factor

Match Factor	
Cycle Time Alat Gali Muat (s)	19,80
Cycle Time Alat Angkut (s)	1.751,85
Jumlah Alat Gali Muat Excavator	1
Jumlah Alat Angkut Dump Truck	11
Jumlah Pass Bucket	10
Match Factor	1,24

Nilai MF lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa alat gali muat beroperasi secara penuh 100%, sementara alat angkut bekerja kurang dari 100 %, sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut dan potensi antrian di area kerja.

4.1.6 Produktivitas

Tabel 8. Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas Alat Angkut Dump Truck	
Kapasitas Bucket (m ³)	0,9
Bucket Fill Factor	1,05
Swell Factor	0,85
Efisiensi Kerja	53,6%
Jumlah Pass Bucket (n)	10
Density	1,55
Cycle Time Alat Angkut (s)	1751,85
Waktu kerja efektif (jam/bulan)	126,24
Jumlah unit	11
Produktivitas (ton/jam)	13,7
Produksi (ton/bulan)	19.028,82

Berdasarkan analisis produktivitas alat angkut dump truck, diperoleh hasil sebesar 13,7 ton/jam dengan produksi bulanan 19.028,82 ton, dengan target produksi 24.000 ton/bulan belum tercapai. Faktor utama yang memengaruhi hal ini adalah efisiensi kerja yang masih rendah 53,6% dan jumlah unit dump truck yang belum optimal.

4.1.7 Bahan Bakar

Tabel 9. Bahan Bakar

Fuel Consumption alat angkut	
Fuel Consumption Bulan September (l)	20.578
Fuel Consumption /hari (liter)	690,03
Fuel Consumption (liter/jam)	163,98
Rasio Bahan Bakar (liter/Ton)	1,09

Total konsumsi bahan bakar alat angkut selama bulan September tercatat sebesar 20.578 liter. Rata-rata pemakaian per hari adalah 690,03 liter, dengan rata-rata per jam sebesar 163,98 liter. Efisiensi penggunaan bahan bakar terhadap tonase muatan menunjukkan rasio 1,09 liter/ton.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kondisi aktual pada kegiatan pengangkutan bijih nikel

Tabel 10. Rekapitulasi Kinerja Operasional Aktual

Keterangan	Aktual	Satuan
Produktivitas	13,7	ton/jam
Produksi	19.028,82	ton/bulan
Loss Produksi	4.971,18	ton/bulan
Match Factor	1,24	
Fuel Consumption/ bulan	20.578	liter
Fuel Ratio	1,09	liter/ton

Berdasarkan data kinerja operasional, Produktivitas alat angkut tercatat 13,7 ton/jam dengan produksi bulanan 19.028,82 ton. Nilai *match factor* 1,24 menunjukkan ketidakserasian karena jumlah alat angkut lebih dominan, sehingga menimbulkan antrian pada alat muat. Konsumsi bahan bakar pun meningkat dengan mencapai 20.578 liter/bulan dengan rasio efisiensi 1,09 liter/ton.

4.2.2 Strategi Mengoptimalkan MF dan Meningkatkan Produktivitas

4.2.2.1 Mengoptimalkan Match Factor (MF)

Untuk mengoptimalkan MF dilakukan dengan cara mensimulasi pengurangan jumlah *dump truck* agar MF mendekati 1, Jumlah *dump truck* yang dibutuhkan dalam kegiatan *hauling* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah DT} = \frac{\text{Waktu Siklus Dump Truck}}{(\text{Waktu Siklus Excavator} \times \text{Jumlah Bucket})}$$

Diketahui:

Waktu Siklus *dump truck* = 1.751,85 detik

Waktu Siklus *Excavator* = 19,80 detik

Jumlah *Bucket* (n) = 10

Maka

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

Untuk MF = 1, maka rumusnya $Na = \frac{Nm \times CTa}{n \times CTm}$

$$Na = \frac{1 \times 1.751,85 \text{ detik}}{10 \times 19,80 \text{ detik}}$$

$$Na = \frac{1.751,85}{198}$$

$$Na = 8 = 8 \text{ unit.}$$

Didapatkan jumlah DT yang sesuai adalah 8 unit.

Tabel 11. Match Factor Setelah Dioptimalkan

Match Factor	
Cycle Time Alat Gali Muat (s)	19,80
Cycle Time Alat Angkut (s)	1.751,85
Jumlah Alat Gali Muat <i>Excavator</i>	1
Jumlah Alat Angkut <i>Dump Truck</i>	8
Jumlah <i>Pass Bucket</i>	10
Match Factor	0,90

Berdasarkan simulasi, jumlah *dump truck* yang ideal untuk melayani 1 *excavator* pada kegiatan pengangkutan bijih nikel sebesar 8 unit.

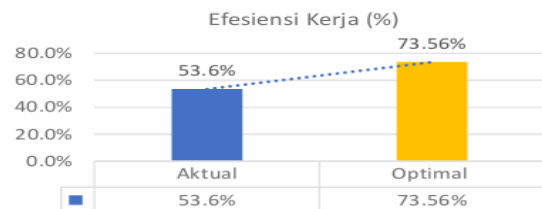
4.2.2.2 Strategi Meningkatkan Produktivitas

Tabel 12. EWH aktual dan Optimal

Description	Working Hours		
	Production monthly		
	Akl	Optl	Satuan
Hari kelender	30	30	hari/bulan
Hari kerja dalam sebulan	30	30	hari/bulan
Waktu kerja tersedia (WT)	236	236	jam/bulan
Meal and Rest	30	30	hari/bulan
Sholat Jum'at	4	4	hari/bulan
Lose time			
Tidak ada aktivitas	46	23	jam/bulan
Road/front maintenance	18,18	18,18	jam/bulan
Hujan	8	8	jam/bulan
Jalan licin	10	10	jam/bulan
Terlambat mulai bekerja	12,16	0	jam/bulan
Berhenti sebelum istirahat	11,18	2	jam/bulan
Terlambat setelah istirahat	03,05	0	jam/bulan
Berhenti sebelum shift berakhir	3,33	4	jam/bulan
Total loss time	112,30	65,18	jam/bulan
Lembur	2,54	2,54	jam/bulan
Jam kerja efektif (EWH)	126,24	173,3	jam/bulan

Tabel 13. Perbandingan EWH setelah optimal

Eff	EWH (jam)	WT (jam)	EK (%)
Aktual	126,24	236	53,6
Optimal	173,36	236	73,6

**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Efisiensi Kerja

Setelah menekan berbagai sumber *lose time*, waktu kerja efektif meningkat 20%. Berikut adalah produktivitas alat angkut setelah perbaikan yang bisa dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Produktivitas Alat Angkut Setelah Perbaikan

Produktivitas Alat Angkut <i>Dump Truck</i>		
Keterangan	Aktual	Optimal
Kapasitas <i>Bucket</i> (m ³)	0,9	0,9
<i>Bucket Fill Factor</i>	1,05	1,05
<i>Swell Factor</i>	0,85	0,85
Efisiensi Kerja	53,6%	73,6%
Jumlah <i>Pass Bucket</i> (n)	10	10
<i>Density</i>	1,55	1,55
Cycle Time Alat Angkut (s)	1751,85	1.751,85
Waktu kerja efektif (jam/bulan)	126,24	173,36
Jumlah unit	11	8
Produktivitas (ton/jam)	13,7	18,8
Produksi (ton/bulan)	19.028,82	26.101,39

Terjadi perubahan produksi alat yang mulanya 19.028,82 ton/bulan meningkat menjadi 26.101,39 ton/bulan hal ini menunjukkan pencapaian produksi sudah mencapai target produksi setelah dilakukan perbaikan jumlah jam kerja serta mengoptimalkan alat angkut.

4.2.3 Analisis Perbandingan Efisiensi Sebelum dan Sesudah Optimalisasi

Tabel 15 Analisis perbandingan efisiensi operasional biaya bahan bakar sebelum dan sesudah optimalisasi.

Keterangan	Aktual	Optimal
Jumlah DT	11 unit	8 Unit
Produktivitas	13,70 ton/jam	18,8 ton/jam
Produksi Bulanan	19.028,82 ton	26.101,39 ton
Fuel Ratio	1,09 l/ton	0,8 l/ton
BBM harian	163,98 l	119,26 l
BBM bulanan	20.578 liter	20.674,8 liter
Harga BBM/Liter	Rp. 17.800,00	Rp. 17.800
Biaya BBM/Ton	Rp.19.364,20	Rp.14.009,28
Biaya BBM/bulan	Rp 368.477.800	Rp368.010.781

Strategi mengoptimalkan *match factor* berdampak positif terhadap efisiensi biaya operasional. Dalam kondisi optimal, biaya bahan bakar per ton alat angkut *dump truck* lebih rendah karena produktivitasnya lebih tinggi, meskipun total biaya bahan bakar bulanan hampir sama.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

- Kondisi aktual operasional di Pit Blok C1 pada bulan September 2024 menunjukkan ketidakefisienan dengan produktivitas 13,7 ton/jam, produksi 19.028,82 ton (di bawah target 24.000 ton), *match factor* 1,24, dan *fuel ratio* 1,09 liter/ton
- strategi optimasi melalui penyesuaian armada *dump truck* dari 11 menjadi 8 unit berhasil menurunkan *match factor* menjadi 0,90, dan peningkatan *effective working hours* dari 53,6% menjadi 73,6% melalui reduksi *lose time* berhasil meningkatkan produktivitas menjadi 26.101 ton/bulan.
- optimasi ini menghasilkan peningkatan produksi 37,2%, penurunan *fuel ratio* 26,6% menjadi 0,8 liter/ton, dan penghematan biaya bahan bakar 27,2% menjadi Rp 14.099 per ton, membuktikan efektivitas optimasi *match factor* dan manajemen waktu kerja dalam menciptakan operasional yang efisien dan berkelanjutan.

4.2 Saran

- Melakukan uji coba implementasi konfigurasi 8 unit *dump truck* per *excavator* selama 1-2 minggu untuk memvalidasi hasil simulasi
- Meningkatkan disiplin operator melalui pengawasan ketat terhadap waktu kerja dan istirahat.

- Menerapkan sistem *dispatch* dan *planning* untuk optimalisasi alokasi alat serta memantau *match factor* dan *effective working hours* sebagai *Key Performance Indicator*

Referensi

- Badan Geologi. (2019). Peta Sumber Daya Geologi Mineral Logam Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Khairani, A. P., Razak, S., & Kusumaningsih, D. A. (2024). Studi keserasian alat gali muat dengan alat angkut untuk menurunkan *fuel ratio* pada pengupasan *overburden* Pit B PT XYZ. *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, 4(1), 45–54.
- Tenriajeng, A. T. (2003). Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Penerbit Gunadarma.
- Rochmanhadi. (1992). Alat–Alat Berat dan Penggunaannya. Jakarta: Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Prodjosumarto, P. (1995). Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- Indonesianto, Y. (2013). Pemindahan Tanah Mekanis. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik Mineral. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Saliman, H., Aryanto, R., & Letlora, L. F. (2019). Kebutuhan Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Pada Tambang Grasberg, PT Freeport Indonesia. 2(1).
- Partando and Prodjosumarto, P. (1993). Pemindahan Tanah Mekanis, Bandung: Departemen Tambang Institut Teknologi Bandung.
- Yanto, I. (2013). Pemindahan Tanah Mekanis. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Hartman, H. L. (2002). *Introductory Mining Engineering* 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- S. C. Fuentes, *Mining Equipment Selection*. Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema, 1999.
- Peterson, Anthelm. (1968). *Production Planning and Control in Civil Engineering*. Stockholm: Royal Institute of Technology, Department of Civil Engineering
- Yulia, P., & Murad, M. S. (2019). Pengaruh Jarak Angkut dan Grade Jalan Terhadap Biaya Operasional Alat Angkut dari *Front* Penambangan Menuju *Dumping Area* untuk Efisiensi Biaya Produksi pada Penambangan Batu Kapur Bulan Oktober 2019 di PT. Semen Padang. *Journal Bina Tambang*, 5(2), 67-78.
- Maira, T. P., Yulhedra, D., & Octova, A. (2016). Analisis Multivariat Untuk Mengetahui Ratio Bahan Bakar Komatsu 465-7 dan HD komatsu 785-7 pada kemajuan penambangan *overburden* di Pit Rawa Seribu Timur PT. Mandala Karya

Prima Kalimantan Utara. Jurnal Teknik
Pertambangan, 8(2), 23-34.
[15] Handbook of Komatsu (2009).