

ANALISIS EFISIENSI ALAT MEKANIS DAN PRODUKTIVITAS PADA PENAMBANGAN DI PT SEMEN PADANG

R.I. Sa'bi¹, A.A. Sari¹, H.I. Diar¹, A.M.M. Rus^{1*}, dan S.D. Komari¹

¹Teknik Pertambangan dan Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

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

ABSTRAK : PT Semen Padang, produsen semen pertama di Indonesia yang melakukan penambangan batu kapur melalui tahap pembersihan lahan, pemboran-peledakan, pemuatan, dan pengangkutan ke *Limestone Crusher* VI. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi kerja dan produktivitas alat mekanis utama, yaitu bor Furukawa HCR 1500-D20II, *excavator* PC850, dan *dump truck* Scania P460 serta menentukan kesesuaian kera antar alat (*match factor*). Hasil analisis menunjukkan efisiensi kerja alat bor sebesar 88,5%, alat gali-muat 91,1%, dan alat angkut 93,3%. Target plan perusahaan yaitu 30 m/jam untuk alat bor dan 500 ton/jam untuk alat muat, produktivitas aktual masih di bawah target: alat bor 22,2 m/jam (379,62 m³/jam), *excavator* PC850 masing-masing 433,02 ton/jam (*Front B*) dan 342,87 ton/jam (PLB), serta *dump truck* Scania P460 sebesar 289,78 ton/jam. Nilai *fill factor* 66,6% dan *swell factor* 60,4% menandakan kapasitas muat belum optimal, sementara *match factor* 1,2 menunjukkan ketidakseimbangan alat muat–angkut yang menyebabkan waktu tunggu pada alat angkut.

Kata Kunci: Penambangan, Batu Kapur, Produktivitas, *Match factor*, Semen Padang

ABSTRACT: PT Semen Padang, the first cement producer in Indonesia established in 1910 and now part of the Semen Indonesia Group, conducts limestone mining through stages of land clearing, drilling and blasting, loading, and hauling to the *Limestone Crusher* VI. This study examines the mining activities, mechanical equipment, and productivity of the Furukawa HCR 1500-D20II drill, PC850 excavator, and Scania P460 dump truck, along with their match factors. Field observations show that the working efficiency of the drilling unit is 88.5%, the loading unit 91.1%, and the hauling unit 93.3%. Compared to the company's standards (30 m/hour for drilling and 500 tons/hour for loading), the actual productivity remains below target: the drilling unit achieves 22.2 m/hour (379.62 m³/hour), the PC850 excavator achieves 433.02 tons/hour at *Front B* and 342.87 tons/hour at PLB, while the Scania P460 dump truck records 289.78 tons/hour. The fill factor of 66.6% and swell factor of 60.4% indicate suboptimal loading capacity, while a match factor of 1.2 suggests an imbalance between loading and hauling units, resulting in truck waiting time..

Keywords: Mining, Limestone, Productivity, Match Factor, Semen Padang

1 Pendahuluan

PT Semen Padang merupakan produsen semen pertama dan tertua di Indonesia yang didirikan pada tahun 1910 dan kini menjadi bagian dari Semen Indonesia Group. Perusahaan ini berlokasi di Indarung, Padang, Sumatera Barat, dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan semen nasional serta menopang pembangunan infrastruktur, terutama di wilayah Sumatera dan sekitarnya

[1]. Bahan baku utama dalam proses produksi semen adalah batu kapur yang ditambang dari Bukit Karang Putih, area tambang yang terletak berdekatan dengan kompleks pabrik. Ketersediaan batu kapur yang berkesinambungan menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas produksi dan kualitas semen yang dihasilkan [2]. Selain itu, efektivitas operasi penambangan juga berdampak terhadap efisiensi energi, biaya operasional, serta aspek keberlanjutan lingkungan.

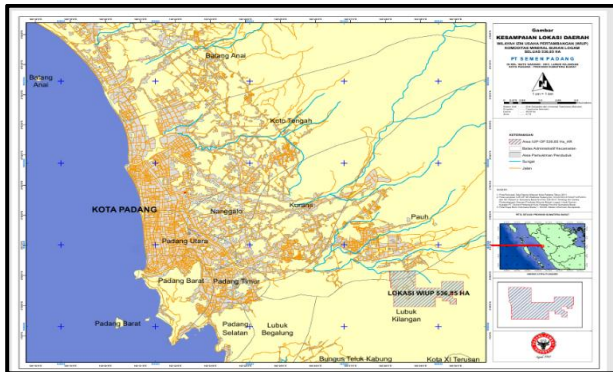
Sebagai salah satu tambang batu kapur terbesar di Indonesia, PT Semen Padang menambang hingga sekitar 9 juta ton batu kapur per tahun. Kegiatan penambangan meliputi *drilling*, *blasting*, *loading*, dan *hauling* batu kapur ke fasilitas pengolahan dengan dukungan alat bor, *excavator* Komatsu dan *dump truck*. Volume penambangan yang tinggi ini menuntut sistem kerja yang efisien dan terkoordinasi, di mana efisiensi sangat dipengaruhi oleh produktivitas alat mekanis, manajemen operasional, serta perencanaan kerja yang optimal [3] [4].

Pelaksanaan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi dan produktivitas alat seperti alat bor, gali-muat, dan angkut, serta faktor kesesuaian alat (*match factor*). Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi peningkatan efisiensi operasional dan pengelolaan alat berat.

2 Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Pengamatan dilakukan di PT Semen Padang yang berlokasi di kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat seperti pada (Gambar 2.1).



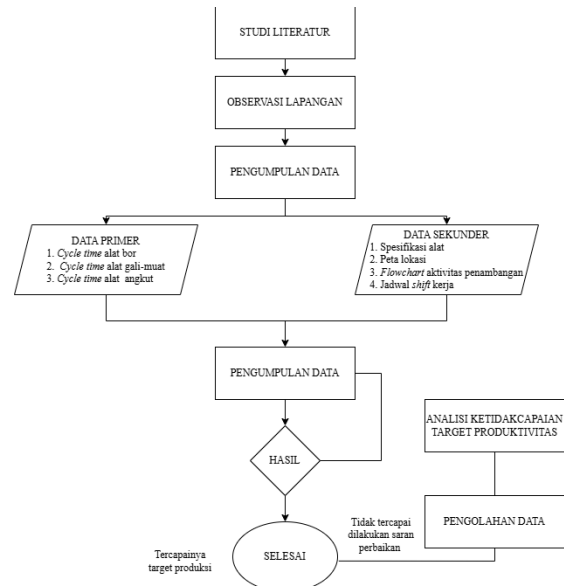
Gambar 2.1 Lokasi Perusahaan (PT Semen Padang)

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, pengamatan lapangan, pengambilan data, serta analisis. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh teori dan data pendukung terkait penambangan batu kapur di PT Semen Padang.

Pengamatan lapangan dilakukan di area *Front B* dan *PLB* untuk melihat aktivitas pemboran, pemuatan, dan pengangkutan. Data primer diperoleh dari hasil observasi *cycle time* alat bor Furukawa HCR 1500-D20II, *excavator* Komatsu PC850, dan *dump truck* Scania P460, sedangkan data sekunder berasal dari dokumen perusahaan seperti

peta tambang dan spesifikasi alat. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* untuk menghitung produktivitas dan menganalisis keserasian alat (*match factor*).

Waktu penelitian berlangsung pada bulan Maret-April 2025, alur penelitian ditunjukkan pada (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Diagram alir penelitian

2.2 Metode Perhitungan Produktivitas dan Efisiensi Alat Mekanis

2.2.1 Produktivitas Alat Bor

Produktivitas alat bor merupakan ukuran kinerja suatu *bit* pemboran dalam menghasilkan volume lubang per satuan waktu. Untuk menghitungnya, digunakan rumus yang mengaitkan kecepatan penetrasi bor, volume lubang per satuan panjang, serta efisiensi kerja alat [5].

$$P = Drr \times Veq \times Ek \times 60 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- P : Produksi *rig* pemboran (m³/jam)
- Drr : Kecepatan pemboran rata-rata (m/menit)
- Veq : Volume ekuivalen (m³/m)
- Ek : Efisiensi kerja alat (%)
- 60 : 1 jam dinyatakan dalam menit

2.2.2 Kecepatan Pengeboran (*Drilling Speed*)

Kecepatan pengeboran menunjukkan laju kemajuan mata bor ke dalam material dan menjadi parameter penting untuk menilai efisiensi kegiatan

pengeboran. Data kecepatan pengeboran diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan dan dapat dihitung dengan dua metode, yaitu *Net Penetration Rate* (NPR) yang hanya memperhitungkan waktu pengeboran aktif tanpa jeda, dan *Gross Penetration Rate* (GPR) yang memasukkan seluruh waktu siklus pengeboran termasuk waktu jeda atau kegiatan non-produktif [5].

(1) *Net Penetration Rate* (NPR)

NPR mengukur kecepatan pengeboran hanya pada saat pengeboran aktif berlangsung, tanpa memasukkan waktu jeda, penyiapan, atau gangguan lain (*downtime*).

$$NPR = \frac{h}{\Sigma Bt} \times (\text{meter/minutes}) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- NPR : *Net penetration rate* (m/menit)
- h : Kedalaman lubang bor (m)
- Bt : Waktu untuk menembus kedalaman lubang ledak (menit)

(2) *Gross Penetration Rate* (GPR)

GPR menghitung kecepatan pengeboran berdasarkan total waktu siklus, termasuk waktu jeda dan kegiatan non-produktif.

$$GPR = \frac{h}{\Sigma Ct} \times (\text{meter/menit}) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- GPR : *Gross penetration rate* (m/menit)
- h : Kedalaman lubang bor (m)
- Ct : Waktu siklus pengeboran (menit)

2.2.3 Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut

Produktivitas alat merupakan parameter penting yang menunjukkan seberapa besar kapasitas produksi yang dapat dicapai dalam waktu tertentu. Penghitungan produktivitas alat mempertimbangkan *cycle time*, efisiensi kerja, *fill factor*, dan *swell factor* guna mengetahui kemampuan produksi aktual alat berat di lapangan [6].

(1) Produktivitas Alat Gali-Muat

Produktivitas alat gali muat untuk batu gamping dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$Q_m = \frac{K_b \times S_f \times B_{ff} \times E_{ff} \times 3.600}{CT_m} \times \rho \text{ batu gamping (4)}$$

Keterangan:

- Q_m : Produktivitas alat muat (ton/jam)
- K_b : Kapasitas *bucket* alat ($\underline{m^3}$)
- B_{ff} : Faktor *bucket* (%)
- E_{ff} : Efisiensi kerja alat (%)
- CT_m : Waktu edar alat muat/*excavator* (detik)
- S_f : *Swell factor* (%)
- ρ : Densitas batu gamping (ton/m³)
- 3.600 : 1 jam dinyatakan dalam detik

(2) Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat gali muat untuk batu gamping dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$Q = \frac{3.600 \times n \times K_b \times S_f \times F_{ff} \times E_{ff}}{CT_a} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- Q : Produktivitas alat muat (ton/jam)
- K_b : Kapasitas *bucket* alat ($\underline{m^3}$)
- B_{ff} : Faktor *bucket* (%)
- E_{ff} : Efisiensi kerja alat (%)
- CT_a : Waktu edar alat angkut (detik)
- S_f : *Swell factor* (%)
- n : Jumlah pengisian *bucket*
- 3.600 : 1 jam dinyatakan dalam detik

2.2.4 Faktor Pengisian *Bucket* (*Fill Factor*)

Perbandingan antara kapasitas teoritis alat muat dengan kapasitas aktual material yang masuk ke dalam wadah (*bucket*) dikenal dengan istilah faktor pengisian *bucket* [7].

$$\eta = \frac{V_n}{V_b} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- η : Faktor pengisian *bucket* (%)
- V_n : Volume material aktual (m³)
- V_b : Volume teoritis *bucket* (m³)

2.2.5 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Pengembangan material merupakan proses perluasan volume material yang telah digali dari tempat asalnya. Sebelum memasuki mesin penghancur, material

biasanya berada dalam kondisi padat dan terkonsolidasi dengan baik, dengan hanya sedikit ruang kosong (*void*) yang terisi oleh udara di antara butiran-butirannya [8].

$$SF = \frac{V_{loose}}{V_{bank}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

- SF : *Swell factor* (%)
Vloose : Volume material sebelum penggalian / *in-situ* (m³)
Vbank : Volume material setelah digali / *post-excavation* (m³)

2.2.6 Waktu Edar (*Cycle Time*)

(1) *Cycle time* alat bor

Cycle time alat bor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Ct = Mt + Pt + Bt + St + Dt \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

- Ct : Waktu edar alat bor (detik)
 Mt : Waktu pindah lubang (detik)
 Pt : Waktu preparasi (detik)
 Bt : Waktu bor (detik)
 St : Waktu angkat bor (detik)
 Dt : Waktu *delay* (detik)

(2) *Cycle time* alat gali-muat

Perhitungan waktu edar dari alat gali muat dengan persamaan berikut [6].

$$CTm = Am + Bm + Cm + Dm \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

- CTm : Waktu edar alat gali-muat (detik)
 Am : Waktu menggali (detik)
 Bm : Waktu ayun bermuatan (detik)
 Cm : Waktu menumpahkan muatan (detik)
 Dm : Waktu ayun kosong (detik)

(3) *Cycle time* alat angkut

Cycle time alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut [9].

$$TCT = STL + LT + TL + STD + DT + TE + AD..(10)$$

Keterangan:

- TCT : Waktu siklus truk (detik)
 STL : Waktu truk mendekati alat muat (detik)
 LT : Waktu isi muatan (detik)

- TL : Waktu tempuh mengangkut muatan (detik)
 STD : Waktu truk mendekati posisi *dumping* (detik)
 DT : Waktu *dumping* (detik)
 TE : Waktu tempuh truk kosong (detik)
 AD : Waktu tunda (detik)

2.2.7 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan perbandingan jumlah waktu yang benar-benar dihabiskan untuk bekerja terhadap waktu kerja yang tersedia. Jam kerja yang telah ditetapkan untuk setiap *shift* menunjukkan jumlah waktu yang dapat diakses oleh semua alat mekanis[10].

$$EK = \frac{W_{ke}}{W_{kt}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- EK : Efisiensi kerja (%)
 Wkt : Waktu kerja tersedia (menit)
 Wke : Waktu kerja efektif (menit)

Tabel.1 Standar efisiensi kerja

Persentase	Penilaian Kerja
90%-100%	Sangat Baik
80%-90%	Baik
60%-80%	Cukup
50%-60%	Kurang
<50%	Sangat Kurang

2.2.8 Faktor Keserasian Alat

Faktor kesesuaian (*match factor*) menunjukkan keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut. Faktor kesesuaian (*match factor*) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut [11].

$$MF = \frac{Na \times Ctm \times n}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- MF : *Match factor*
 Ctm : Waktu memuat untuk alat muat (menit)
 Cta : Waktu edar alat angkut (menit)
 Na : Jumlah alat angkut
 Nm : Jumlah alat muat
 n : Jumlah pengisian *bucket*

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan kinerja alat mekanis pada proses penambangan batu kapur di PT Semen Padang dianalisis melalui perhitungan produktivitas dan efisiensi kerja.

3.1 Produktivitas Alat Bor

Kegiatan pemboran dilakukan dengan menggunakan alat furukawa HCR 1500 di lokasi PLB.

Tabel 3.1 Perhitungan Produktivitas alat bor

Parameter Operasi	Furukawa
<i>Cycle time (sec)</i>	1. 774,2
<i>Average drilling rate (Drr) (m/min)</i>	0,37
<i>Job efficiency (%)</i>	85,5
<i>Equivalent volume (Veq) (m³/m)</i>	20
Produktivitas (m ³ /jam)	379,62

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa alat bor memiliki produktivitas sebesar 379,62 m³/jam, dengan efisiensi kerja 85,5%. Nilai ini mencerminkan kinerja pemboran yang cukup optimal, meskipun peningkatan masih dapat dilakukan melalui pengaturan waktu kerja dan kondisi lapangan agar produktivitas dapat mencapai kapasitas maksimal alat.

3.2 Kecepatan Pengeboran (*drilling speed*)

Kecepatan pengeboran dilakukan dengan perhitungan *Net Penetration Rate* (NPR) dan *Gross Penetration Rate* (GPR) untuk setiap lubang pengeboran berdasarkan waktu siklus.

3.2.1 *Net Penetration Rate* (NPR)

NPR mengukur kecepatan pengeboran hanya pada saat pengeboran aktif berlangsung, tanpa memasukkan waktu jeda, penyiapan, atau gangguan lain (*downtime*). Analisa dilakukan terdapat 11 lubang bor yang dijadikan sampel untuk menghitung NPR di setiap lubangnya.

$$NPR = \frac{h}{\sum Bt} = \frac{11}{24,40} = 0,45 \text{ m/menit} \quad (1)$$

Hasil NPR titik lubang bor yang memiliki kecepatan dengan rata-rata keseluruhan 0,45 m/menit. Nilai ini sudah berada dalam kisaran NPR pada batu gamping (0,40 0,60 m/menit)[13]. Penurunan NPR ini terutama disebabkan oleh:

- (1) Keausan *bit* (tombol tungsten) yang menurunkan penetrasi setelah puluhan lubang [12].
- (2) *Delay* untuk *rod handling*, *flushing*, *reaming*, dan pemeriksaan *coupling*, yang menambah waktu non-produktif dalam setiap siklus bor.
- (3) Parameter *feed pressure* dan kecepatan rotasi *rig* yang belum sepenuhnya disesuaikan dengan kekerasan batu gamping di lapangan.

3.2.2 *Gross Penetration Rate* (GPR)

Gross Penetration Rate (GPR) mencakup keseluruhan waktu siklus pengeboran mulai pindah lubang, preparasi, bor, angkat batang, hingga *delay* sehingga selalu lebih rendah dari NPR.

$$GPR = \frac{h}{ct} = \frac{11}{29,08} = 0,37 \text{ m/menit} \quad (2)$$

Di PT Semen Padang GPR rata-rata 0,35–0,39 m/menit, sejalan dengan nilai 0,32–0,45 m/menit untuk pengeboran lubang berdiameter 5–8 *inch* pada *quarry* karbonat [13].

Selisih antara NPR dan GPR (15–20 %) menunjukkan proporsi waktu non produktif yang masih bisa ditekan. Besarnya GPR terpengaruh oleh:

- (1) Durasi *rod handling* dan preparasi yang menambah waktu total siklus.
- (2) Efisiensi *flushing air* yang kurang optimal, sehingga potongan bor tidak segera terangkat dan bor harus di-ream ulang.
- (3) Jadwal pemeliharaan *rig* yang memperpanjang *downtime* saat terjadi kerusakan *grease system* atau komponen hidrolik.

3.3 Produktivitas Alat Gali-Muat

Kegiatan gali-muat dilakukan menggunakan alat *excavator* Komatsu PC850 yang beroperasi di dua lokasi berbeda, yaitu *excavator* Komatsu PC850-804 di *Front B* dan *excavator* Komatsu PC850-802 di PLB.

Tabel 3.2 Perhitungan Produktivitas alat angkut

Parameter Operasi	PC850-804	PC850-802
<i>Vessel capacity (m³)</i>	5	5
<i>Cycle time (sec)</i>	27,42	34,6
<i>Swell factor (%)</i>	60,4	60,4
<i>Job efficiency (%)</i>	91,1	91,1
<i>Fill factor (%)</i>	66,6	66,6
<i>Limestone density (ton/m³)</i>	1,8	1,8
Produktivitas (ton/jam)	433,02	342,87

3.4 Produktivitas Alat Angkut

Kegiatan pengangkutan menggunakan *dump truck* Scania P460 di lokasi PLB.

Tabel 3.3 Perhitungan Produktivitas alat angkut

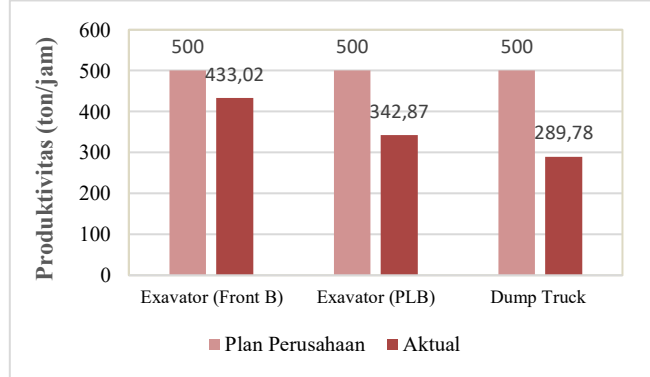
Parameter Operasi	Scania P460
<i>Vessel capacity (m³)</i>	36
<i>Passing (n)</i>	6
<i>Cycle time (sec)</i>	1.007,1
<i>Swell factor (%)</i>	60,4
<i>Job efficiency (%)</i>	93,3
<i>Fill factor (%)</i>	66,6
Produktivitas (ton/jam)	289,78

Produktivitas alat berat dalam kegiatan penambangan sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara rencana perusahaan dan kondisi aktual di lapangan. Target produktivitas (*plan* perusahaan) ditetapkan sebesar 500 ton/jam untuk setiap alat mekanis.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, produktivitas aktual alat berat masih berada di bawah target perusahaan. *Excavator* Komatsu PC850-804 di lokasi *Front B* memiliki produktivitas sebesar 433,02 ton/jam, dengan selisih 66,98 ton/jam atau sekitar 13,40% di bawah target. Sementara itu, *excavator* Komatsu PC850-802 di lokasi PLB memiliki produktivitas sebesar 342,87 ton/jam, lebih rendah 157,13 ton/jam atau sekitar 31,43% dari target perusahaan. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja alat masih perlu ditingkatkan agar mencapai produktivitas dan efisiensi kerja yang optimal.

Pada alat angkut, produktivitas aktual sebesar 289,78 ton/jam juga berada di bawah target perusahaan untuk satu *fleet* yang terdiri dari 5 unit *dump truck*. Selisih kekurangan sebesar 210,22 ton/jam atau sekitar 42,04% menunjukkan bahwa kinerja alat angkut masih perlu dioptimalkan, terutama melalui peningkatan koordinasi antara alat gali-

muat dan alat angkut agar tercapai efisiensi operasi sesuai standar perusahaan.



Gambar 3.1. Diagram Perbandingan produktivitas alat gali-muat dan angkut dengan plan perusahaan

3.5 Faktor Keserasian Kerja Alat Muat dan Alat Angkut

Faktor keserasian alat (*match factor*) memperhatikan jumlah dan waktu siklus kerja masing-masing alat. Berdasarkan data lapangan, diketahui bahwa jumlah *dump truck* (Na) sebanyak 6 unit, sedangkan jumlah *excavator* (Nm) sebanyak 1 unit. Waktu siklus (*cycle time*) untuk *dump truck* (Cta) adalah 16,78 menit, dan waktu siklus *excavator* (Ctm) sebesar 0,57 menit dengan jumlah pengisian material (*n*) sebanyak 6 kali. Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan tingkat keserasian antara alat gali-muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan

$$MF = \frac{Na \times Ctm \times n}{Nm \times Cta}$$

$$MF = \frac{6 \times 0,57 \times 6}{1 \times 16,78}$$

$$MF = 1,2$$
(3)

Dari perhitungan tersebut *match factor* yang didapat secara aktual yaitu 1,2 di mana $MF > 1$ produksi alat angkut lebih besar daripada alat muat, terjadi waktu tunggu pada alat angkut, hal ini tentunya berpengaruh pada produksi batu gamping.

3.6 Analisis hambatan yang Dapat Mempengaruhi Produktivitas dan Match Factor

Loading dan *hauling* merupakan proses pengambilan dan pengangkutan material dari area penambangan menuju *crusher* atau *stockpile*. Hambatan yang sering terjadi antara lain:

- (1) Ketidaksesuaian kapasitas alat gali muat dan alat angkut, yang menyebabkan waktu tunggu pada alat angkut yang menunggu alat muat.
- (2) Hasil peledakan yang tidak seragam yang menyebabkan alat gali mengalami kesulitan dalam menggali material.
- (3) Lokasi kerja yang tidak rata akibat peledakan menyebabkan alat gali mengalami kesulitan saat proses penggalian

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari pembahasan dan uraian yang telah di bahas pada bab-bab sebelumnya, berdasarkan hasil kerja praktek pada PT Semen Padang maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Produktivitas alat bor Furukawa HCR 1500-D20II 379,62 m³/jam. Produktivitas alat gali-muat batu gamping yaitu 430,15 ton/jam (lokasi Front B) dan 340,59 ton/jam (lokasi PLB), sedangkan alat angkut Scania P460 sebesar 287,87 ton/jam (lokasi PLB).
2. Nilai *match factor* sebesar 1,2 menunjukkan bahwa kapasitas alat angkut melebihi alat muat, sehingga menimbulkan waktu tunggu pada *dump truck* dan berdampak pada efisiensi produksi batu gamping.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan, analisis data, dan kesimpulan yang telah dipaparkan, maka penulis memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan dalam peningkatan efektivitas dan efisiensi kegiatan penambangan di PT Semen Padang.

- (1) Penyesuaian jumlah alat gali-muat dengan alat angkut perlu dilakukan untuk mengurangi waktu tunggu (*idle time*) dan meningkatkan produktivitas. Sinkronisasi kerja antar peralatan menjadi penting agar target produksi harian dapat tercapai lebih optimal.
- (2) Pengawasan serta perawatan rutin alat bor, terutama pada sistem pelumasan otomatis dan mata bor, harus ditingkatkan. Pemeriksaan dan penggantian secara berkala akan menjaga kinerja alat, mencegah keausan berlebih, serta mengurangi risiko *downtime*.

5 Ucapan Terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Semen Padang atas kesempatan dan bimbingan yang diberikan selama pelaksanaan kerja praktek, serta kepada pembimbing lapangan dan dosen pembimbing akademik atas arahan dan dukungan dalam penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu memberikan data, informasi, dan fasilitas selama proses pengumpulan dan analisis data.

6 Daftar Pustaka

- [1] Tanjaya, R. (2022). *Evaluasi Produktivitas Kegiatan Penambangan Batu Gamping di PT Semen Padang*. Universitas Andalas.
- [2] Meidiantoni, A., Sari, D., & Fauzi, M. (2018). *Analisis Kualitas Bahan Baku Batugamping PT Semen Padang*. Jurnal Teknik Pertambangan, 3(2), 115–124.
- [3] Nur, K. M. (2024). *Evaluasi Produktivitas Alat Gali-Muat dan Angkut pada Penambangan Batu Gamping PT Semen Padang*. Skripsi, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- [4] Finalta, M. A. (2022). *Kajian Umur Ban HD 785 pada Pengangkutan Batu Gamping di PT Semen Padang, Sumatera Barat*. Universitas Jambi.
- [5] Prayitno, D. A., Syahrudin, & Syafrianto, M. K. (2024). *Productivity and Cost Analysis of Drilling for Blast Holes in Granite Mining at PT. Hansindo Mineral Persada*. Jurnal Teknik Sipil (JTS), 24(2), 1099–1109.
- [6] Sembiring, R. A., Franto, & Guskarnali. (2024). *Optimalisasi Produktivitas Alat Gali-Muat dan Angkut terhadap Limestone Crusher VI di PT Semen Padang*. Jurnal Teknik Pertambangan, 24(2), 98–105.
- [7] Wang, S., Yu, S., Hou, L., Wu, B., & Wu, Y. (2022). *Prediction of Bucket Fill Factor of Loader Based on Three-Dimensional Information of Material Surface*. Electronics, 11(18), 2841. <https://doi.org/10.3390/electronics11182841>
- [8] Saerang, A. I. (2016). *Sistem Penambangan*. Penerbit Andi.
- [9] Choi, Y., Nguyen, H., Bui, X.-N., & Nguyen-Thoi, T. (2022). *Optimization of Haulage-Truck System Performance for Ore Production in Open-Pit Mines Using Big Data and Machine Learning-Based Methods*. Resources Policy, 75, 102522. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102522>

- [10] Indonesianto, Y. (2012). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- [11] Tenriajeng, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma.
- [12] Skordilis, A., & Langdon, K. (2015). *Assessment of Drillability Indices for Open-Pit Mining*. Journal of Sustainable Mining, 14(2), 48–58.
<https://doi.org/10.1016/j.jsm.2015.07.001>
- [13] Salgueiro, A., Farias, L., & Henriques, C. (2010). *Prediction of TBM Performance in Heterogeneous Rock Masses*. Proceedings of the ITA-AITES World Tunnel Congress 2010, Vancouver, Canada.