

# Optimasi Produktivitas Bulldozer Berbasis Analisis Waktu Siklus untuk Mengurangi Antrian Dump Truck pada *In-Pit Dump* Pit Rista A PT Baramutiara Prima

Muhammad Faisal Seprizal<sup>1</sup>, Andy Yanottama<sup>1</sup>, Zella Navtalia<sup>1</sup>,  
Dimas Agung Permadi<sup>1</sup>, Diah Wully Agustine<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Jambi, Indonesia

\*Koresponden email: mfaisalseprizal@unja.ac.id

Diterima: 16 Mei 2026

Disetujui: 22 Mei 2026

## Abstract

Disposal area management is a crucial factor in maintaining production continuity in open-pit mining. This study aims to analyze the productivity of the Komatsu D85ESS-2 bulldozer in the in-pit dump area of Pit Rista A at PT Baramutiara Prima and evaluate its impact on dump truck queuing. The primary issue identified is a capacity imbalance, where the actual bulldozer productivity is only 239.01 BCM/hour, nearly equal to the material flow from two dump truck fleets at 240.01 BCM/hour. This condition is caused by an excessive dozing distance of 9.75 meters and low machine speed compared to manufacturer standards. Through a simulation reducing the dozing distance to 6 meters, the cycle time was successfully reduced from 0.567 minutes to 0.369 minutes, thereby significantly increasing productivity by 53.6% to 367.32 BCM/hour. This improvement effectively eliminates hauling unit queues and ensures the dumping area remains clear through the implementation of a systematic dumping sequence.

**Keywords:** *productivity, bulldozer, cycle time, dozing distance, in-pit dump*

## Abstrak

Pengelolaan area *disposal* merupakan faktor penting dalam menjaga kelancaran produksi pada tambang terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas *bulldozer* Komatsu D85ESS-2 di area *in-pit dump* Pit Rista A PT Baramutiara Prima dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap antrian *dump truck*. Masalah utama yang ditemukan adalah ketidakseimbangan kapasitas, di mana produktivitas aktual *bulldozer* hanya sebesar 239,01 BCM/jam, hampir setara dengan produktivitas dari dua *fleet dump truck* sebesar 240,01 BCM/jam. Kondisi ini disebabkan oleh jarak dorong (*dozing distance*) yang terlalu jauh yaitu 9,75 meter dan kecepatan alat yang rendah dibandingkan standar pabrikan. Melalui simulasi pengurangan jarak dorong menjadi 6 meter, waktu siklus berhasil ditekan dari 0,567 menit menjadi 0,369 menit, sehingga meningkatkan produktivitas secara signifikan sebesar 53,6% menjadi 367,32 BCM/jam. Peningkatan ini efektif menghilangkan antrian *unit hauling* dan memastikan area penimbunan tetap bersih melalui penerapan *sequence dumping* yang sistematis.

**Kata Kunci:** *produktivitas, bulldozer, waktu siklus, jarak dorong, in-pit dump*

## 1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan batubara dengan metode tambang terbuka (*open pit mining*) memerlukan sistem pemindahan material yang efektif agar target produksi dapat tercapai. Salah satu kegiatan utama dalam operasional tambang terbuka adalah pengupasan dan penimbunan tanah penutup (*overburden*) pada area disposal. Penimbunan material dapat dilakukan menggunakan sistem *out-pit dump* maupun *in-pit dump* sesuai kondisi dan tahapan penambangan [1].

Kelancaran aktivitas pada area disposal dipengaruhi oleh kesesuaian kerja alat angkut dan alat bantu seperti *bulldozer*. *Bulldozer* berfungsi untuk mendorong, meratakan, dan menyebarkan material hasil *dumping* agar area kerja tetap aman dan produktif [2]. Apabila proses *spreading* material tidak berjalan optimal, maka *dump truck* dapat mengalami antrian saat melakukan *dumping* sehingga efisiensi operasional menurun [3]. Kondisi tersebut juga dapat menyebabkan terbentuknya area *free dump* yang menghambat kelancaran siklus kerja alat angkut.

Produktivitas *bulldozer* dipengaruhi oleh kapasitas *blade*, jarak dorong (*dozing distance*), waktu siklus (*cycle time*), efisiensi kerja, serta kondisi material dan medan kerja. Pengaturan jarak dorong dan pola kerja alat yang tepat dapat meningkatkan produktivitas *bulldozer* serta memperlancar aktivitas disposal

[4][5]. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Rifqi dkk. (2024) yang membahas mengenai produktivitas *bulldozer* untuk mencapai target dilihat dari kemampuan alat pemberaian *ripper* [6]. Sementara itu, Yosafat dkk. (2023) melakukan optimasi produktivitas *bulldozer* di *stockpile* dengan menganalisis faktor-faktor produktivitas seperti efisiensi kerja, *cycle time* dan jarak dorong [7]. Penelitian oleh Anisari (2018) juga memberikan wawasan mengenai perhitungan produktivitas *bulldozer* pada aktivitas *dozing* di *disposal* [8]. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada produktivitas alat secara individual dan belum banyak membahas keterkaitan produktivitas *bulldozer* terhadap kelancaran sistem *dumping dump truck* secara keseluruhan.

Permasalahan tersebut ditemukan pada area *in-pit dump* Pit Rista A PT Baramutiara Prima, di mana aktivitas *dozing* yang belum optimal menyebabkan antrean *dump truck* pada area *dumping*. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap produktivitas *bulldozer* Komatsu D85ESS-2 agar diperoleh kesesuaian antara kemampuan alat bantu dan jumlah material yang masuk ke *disposal*. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis produktivitas *bulldozer* serta mengevaluasi upaya peningkatan efisiensi *disposal* melalui optimasi jarak *dozing* dan pengaturan *sequence dumping* [9].

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada area *in-pit dump* Pit Rista A di PT Baramutiara Prima dengan fokus pada aktivitas *dozing* material *overburden* menggunakan *bulldozer* Komatsu D85ESS-2. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis produktivitas alat mekanis [10].

Data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, meliputi pengukuran waktu siklus (*cycle time*), jarak *dozing*, kondisi area kerja, serta hambatan operasional alat. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari perusahaan dan literatur pendukung berupa spesifikasi alat, data jam kerja, efisiensi kerja, dan parameter teknis lainnya yang berkaitan dengan produktivitas *bulldozer*.

Pengolahan data dilakukan secara bertahap dimulai dari perhitungan kapasitas *blade* dan waktu siklus *bulldozer*. Nilai tersebut digunakan untuk menghitung produktivitas *bulldozer* dalam satuan *Loose Cubic Meter* (LCM), kemudian dikonversi menjadi *Bank Cubic Meter* (BCM) menggunakan *swell factor* sesuai jenis material [11]. Selain itu, dilakukan analisis efisiensi kerja dengan mempertimbangkan hambatan operasional seperti hujan, *slippery*, *waiting*, dan waktu perbaikan alat.

*Bulldozer* merupakan alat mekanis yang digunakan untuk mendorong dan meratakan material pada jarak pendek sehingga banyak digunakan pada kegiatan *disposal* tambang terbuka. Produktivitas *bulldozer* dipengaruhi oleh kapasitas *blade*, waktu siklus, efisiensi kerja, dan kondisi material. Perhitungan waktu siklus *bulldozer* dinyatakan dengan persamaan berikut [12]:

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$$

Keterangan:

$C_m$  = waktu siklus (menit)  
 $D$  = jarak dorong (m)  
 $F$  = kecepatan maju (m/menit)  
 $R$  = kecepatan mundur (m/menit)  
 $Z$  = waktu tetap/transmisi (menit)

Kapasitas *blade bulldozer* dihitung menggunakan persamaan berikut [13]:

$$q = L \times H^2 \times a$$

Keterangan:

$q$  = kapasitas *blade* ( $m^3$ )  
 $L$  = lebar *blade* (m)  
 $H$  = tinggi *blade* (m)  
 $a$  = *blade factor*

Produktivitas *bulldozer* dihitung berdasarkan kapasitas *blade*, waktu siklus, dan efisiensi kerja alat dengan persamaan sebagai berikut [13]:

$$Prod = q \times \frac{60}{CT} \times E$$

Keterangan:

$Prod$  = produktivitas bulldozer  
 $q$  = kapasitas blade ( $m^3$ )  
 $CT$  = cycle time (menit)  
 $E$  = efisiensi kerja

Konversi produktivitas dari LCM ke BCM dilakukan menggunakan persamaan berikut [1]:

$$BCM = LCM \times SF$$

Keterangan:

$BCM$  = volume bank cubic meter  
 $LCM$  = volume loose cubic meter  
 $SF$  = swell factor

Efisiensi kerja dihitung berdasarkan perbandingan waktu kerja efektif terhadap waktu kerja tersedia dengan persamaan berikut [14]:

$$E_k = \frac{W_e}{W_t} \times 100\%$$

Keterangan:

$E_k$  = efisiensi kerja (%)  
 $W_e$  = waktu kerja efektif  
 $W_t$  = waktu kerja tersedia

Tahap akhir penelitian adalah evaluasi operasional area *disposal* dengan mengidentifikasi hambatan seperti antrean dump truck dan terbentuknya area *free dump*. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut dilakukan simulasi perbaikan melalui optimasi jarak *dozing* dan pengaturan *sequence dumping* guna meningkatkan efisiensi kerja bulldozer dan mendukung kelancaran aktivitas dumping.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Waktu Edar (Cycle Time) Bulldozer

Berdasarkan pengamatan lapangan terhadap unit Komatsu D85ESS-2, waktu siklus *bulldozer* dipengaruhi oleh tiga komponen utama: waktu maju, waktu mundur, dan waktu transmisi (penggantian gigi). Komponen waktu tetap ( $z$ ) pada unit ini ditentukan oleh penggunaan transmisi *torque flow* yang memiliki nilai sebesar 0,05 menit [15]. Rata-rata waktu siklus aktual *bulldozer* Komatsu D85ESS-2 dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

**Tabel 1.** Waktu siklus (Cycle Time) Aktual Bulldozer Komatsu D85ESS-2

| Jarak (m) | Waktu Maju (dtk) | Waktu Mundur (dtk) | Waktu Ganti Gigi Maju (dtk) | Waktu Ganti Gigi Mundur (dtk) |
|-----------|------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 9,75      | 19,03            | 13,53              | 1,5                         | 1,5                           |

Waktu dalam detik dikonversi ke menit. Kemudian, kecepatan dihitung dengan membagi jarak tempuh terhadap waktu hasil konversi. Nilai kecepatan dalam meter/menit selanjutnya digunakan dalam perhitungan waktu siklus *bulldozer* pada **Tabel 2** berikut.

**Tabel 2.** Data Olahan Waktu siklus (Cycle Time) Bulldozer Komatsu D85ESS-2

| Jarak (m) | Kecepatan Maju (m/menit) | Kecepatan Mundur (m/menit) | Waktu Ganti Gigi Maju (m/menit) | Waktu Ganti Gigi Mundur (m/menit) | Cycle Time (m/menit) |
|-----------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 9,75      | 29,57                    | 42,46                      | 0,025                           | 0,025                             | 0,567                |

Data hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan jarak dorong aktual sejauh 9,75 meter, kecepatan maju alat hanya mencapai 29,57 m/menit dan kecepatan mundur 42,46 m/menit. Angka ini menunjukkan penurunan performa yang signifikan dibandingkan spesifikasi standar pabrikan yaitu kecepatan maju 65 m/menit dan mundur 83,3 m/menit [13], yang diduga akibat faktor kondisi mesin atau keterampilan operator. Total waktu siklus aktual yang dihasilkan adalah 0,567 m/menit.

### Kapasitas Blade

Unit *bulldozer* yang digunakan dilengkapi dengan A-Blade setinggi 1,07 meter dan lebar 4,37 meter. Dalam penelitian ini, material yang ditangani adalah *clay* (tanah liat) yang memberikan faktor *blade* sebesar 0,6 karena sifatnya yang lengket, basah dan susah terlepas dari pisau [13]. Kapasitas *blade* dihitung dengan mempertimbangkan efisiensi pengisian material sesuai jenis tanah dan kondisi kerja. Nilai kapasitas ini menentukan volume material yang dapat dipindahkan dalam satu siklus kerja *bulldozer*. Hasil perhitungannya menghasilkan kapasitas *blade* sebesar 3,001 m<sup>3</sup>.

### Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja aktual alat bantu *bulldozer* di lapangan menunjukkan bahwa alat ini telah dimanfaatkan secara optimal dalam satu jam waktu kerja. Hal ini mencerminkan kinerja yang cukup baik dan konsisten dalam mendukung kelancaran operasional di area kerja. Berdasarkan pengamatan di lapangan, *Bulldozer* Komatsu D85ESS-2 bekerja selama 55,13 menit dalam 1 jam waktu kerja sehingga efisiensi kerjanya sekitar 91,89 %.

### Produktivitas Aktual Bulldozer

Dalam perhitungan produktivitas, *swell factor* menggunakan nilai 0,82 untuk mengonversi volume dari *Loose Cubic Meter* (LCM) ke *Bank Cubic Meter* (BCM) sesuai dengan sifat tanah liat agak basah. Produktivitas aktual *Bulldozer* Komatsu D85ESS-2 dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut.

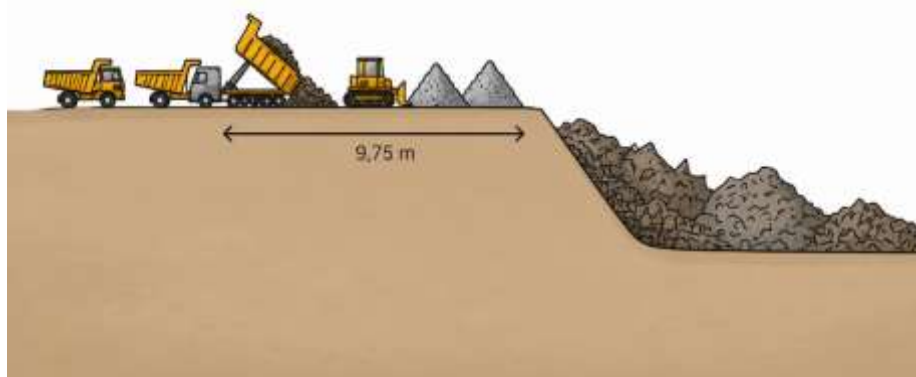
**Tabel 3.** Produktivitas Aktual *Bulldozer* Komatsu D85ESS-2

| Kapasitas Blade (m <sup>3</sup> ) | Cycle Time (menit) | Efisiensi Kerja (%) | Swell Factor (%) | Produktivitas (BCM/jam) | Produktivitas (LCM/jam) |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| 3,001                             | 0,567              | 91,89               | 82               | 239,01                  | 291,48                  |

### Evaluasi Hambatan Operasional

Berdasarkan hasil identifikasi teknis di area disposal *In-Pit Dump* Rista A, ditemukan ketidakseimbangan kapasitas antara *bulldozer* dan *dump truck*. Produktivitas aktual *bulldozer* tercatat sebesar 239,01 BCM/jam, nilai yang hampir setara dengan total produktivitas dua fleet *dump truck* yang membuang material ke area tersebut sebesar 240,01 BCM/jam. Secara teoritis, tipisnya selisih kapasitas ini menjadi hambatan dalam siklus operasional disposal. Beban kerja *bulldozer* yang hampir mencapai batas maksimal kapasitas angkut menyebabkan alat sering kali tidak memiliki waktu yang cukup untuk meratakan material secara optimal sebelum unit pengangkut berikutnya tiba di titik *dumping*. Kondisi ini memicu terjadinya antrean pada unit hauling serta keterlambatan durasi pembuangan, yang pada akhirnya mengganggu efisiensi waktu dan kelancaran operasional. Dampak dari keterbatasan ini adalah terbentuknya area *free dump* di sekitar disposal, yaitu penumpukan material yang tidak terkelola dengan baik.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa salah satu faktor utama rendahnya produktivitas adalah jarak dorong (*dosing distance*) yang mencapai 9,75 meter. Jarak yang relatif panjang ini secara langsung memperlama durasi waktu dorong dalam satu siklus kerja, sehingga menimbulkan masalah berupa antrean unit *hauling* yang menunggu giliran untuk melakukan *dumping*. Selain faktor waktu, jarak 9,75 meter menyebabkan distribusi material menjadi tidak efektif. Sebagian besar material hasil pembuangan tidak dapat terdorong secara optimal hingga mencapai tepi lereng, yang mengakibatkan terjadinya akumulasi atau penumpukan material di area atas disposal. Hal ini secara visual menunjukkan posisi *bulldozer* dan *dump truck* yang tidak sinkron dalam menjaga kebersihan titik *dumping* akibat jarak dorong yang tidak efisien. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



**Gambar 1.** Ilustrasi *Dumping* dengan Jarak Dorong 9,75 Meter

#### Optimasi Produktivitas melalui Pengurangan Jarak Dorong

Sebagai langkah perbaikan, dilakukan evaluasi terhadap variabel jarak dorong. Jarak aktual sebelumnya yaitu 9,75 meter dinilai tidak efisien, sehingga direkomendasikan untuk dikurangi menjadi 6 meter guna mempercepat siklus kerja (*cycle time*) dan meningkatkan efisiensi *dozing*. Hasil simulasi optimasi jarak dorong ini memberikan dampak signifikan pada performa alat. Pengoptimalan jarak menjadi 6 meter mampu meningkatkan produktivitas bulldozer dari 239,01 BCM/jam menjadi 367,32 BCM/jam. Perhitungan hasil perbaikan dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

**Tabel 4.** Perbaikan Waktu Siklus dan Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D85ESS-2

| Jarak (m) | Kecepatan Maju (m/menit) | Kecepatan Mundur (m/menit) | Waktu Ganti Gigi Maju (m/menit) | Waktu Ganti Gigi Mundur (m/menit) | Cycle Time (m/menit) | Produktivitas (BCM/jam) |
|-----------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 6         | 29,57                    | 42,46                      | 0,025                           | 0,025                             | 0,369                | 367,32                  |

Dengan produktivitas baru tersebut, kapasitas *bulldozer* mampu melampaui kemampuan produktivitas dari dua *fleet dump truck* di area disposal. Peningkatan ini memungkinkan kelebihan kapasitas yang dapat digunakan untuk membersihkan area *free dump*, sehingga kegiatan *hauling* menjadi lebih lancar. Selain itu, efisiensi *dozing* yang meningkat secara otomatis mengurangi waktu tunggu unit *hauling* karena area *dumping* selalu dalam kondisi siap terima. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



**Gambar 2.** Ilustrasi *Dumping* dengan Jarak Dorong 6 Meter

Untuk menjaga konsistensi produktivitas pasca-optimasi, penempatan material di area *disposal* harus mengikuti *sequence dumping* yang terstruktur. Alur kerja diarahkan agar lebih sistematis, yang dimulai dengan unit *dump truck* membuang material di area awal yang telah ditentukan. *Bulldozer* segera mendorong material tersebut menuju tepi lereng guna menghindari penumpukan di permukaan atas. Proses diakhiri dengan meratakan permukaan untuk menyiapkan level *dumping* berikutnya. Tahapan ini



memastikan setiap siklus kerja alat saling mendukung dan mencegah terjadinya hambatan operasional serupa di masa mendatang.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data lapangan dan simulasi perbaikan pada area *in-pit dump* Pit Rista A, dapat disimpulkan bahwa produktivitas aktual bulldozer Komatsu D85ESS-2 sebesar 239,01 BCM/jam tidak mampu mengimbangi produktivitas dari dua *fleet dump truck* yang mencapai 240,01 BCM/jam. Ketidakseimbangan kapasitas yang sangat tipis ini mengakibatkan bulldozer bekerja maksimal tanpa jeda untuk meratakan material secara optimal, yang berdampak pada munculnya antrean unit *hauling* dan terbentuknya area *free dump*. Faktor utama penghambat efisiensi adalah jarak dorong (*dozing distance*) aktual sejauh 9,75 meter yang memperlama waktu siklus (*cycle time*) hingga 0,567 menit. Selain itu, ditemukan penurunan performa mekanis di mana kecepatan maju aktual hanya 29,57 m/menit, jauh di bawah standar pabrikan sebesar 65 m/menit. Melalui simulasi optimasi dengan mereduksi jarak dorong menjadi 6 meter, waktu siklus berhasil ditekan menjadi 0,369 menit, yang secara langsung meningkatkan produktivitas sebesar 53,6% menjadi 367,32 BCM/jam. Peningkatan ini menghasilkan kelebihan kapasitas yang dapat digunakan untuk membersihkan material di tepi lereng dan memastikan titik *dumping* selalu dalam kondisi siap terima. Dengan demikian, keberhasilan operasional di area *disposal* sangat bergantung pada sinkronisasi antara pengaturan jarak dorong yang efisien dan penerapan *sequence dumping* yang terstruktur untuk mencegah hambatan siklus produksi secara keseluruhan.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Universitas Jambi dan PT Baramutiara Prima yang telah menyediakan fasilitas serta dukungan teknis selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan akademisi dan seluruh pihak yang telah memberikan masukan, diskusi ilmiah, dan kontribusi pemikiran yang sangat membantu dalam penyempurnaan penelitian ini, meskipun tidak seluruhnya sependapat dengan interpretasi maupun kesimpulan yang disampaikan dalam artikel ini.

#### 6. Referensi

- [1] P. Prodjosumarto, *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1996.
- [2] R. Rochmanhadi, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Dunia Grafika Indonesia, 1992.
- [3] A. Ismail and Haeruddin, "Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Overburden Removal," *Jurnal Geomining Teknik Pertambangan Unkhair*, vol. 4, no. 2, pp. 55–64, 2023.
- [4] Y. D. Inso dan Y. Iashania, "Produktifitas Alat Ripping pada Pemberaian Overburden di PT. ABC," *Jurnal Teknik Pertambangan*, vol. 24, no. 1, 2022. doi: 10.36873/jtp.v24i1.12424.
- [5] M. T. B. Saifuddin, Riswan, dan M. U. Dwiatmoko, "Analisis kebutuhan bulldozer pada aktivitas slippery Pit 1 Blok 24 PT Senamas Energindo Mineral," *Jurnal Himasapta*, vol. 7, no. 2, pp. 103–108, 2022, doi: 10.20527/jhs.v7i2.6440.S
- [6] A. Rifqi, P. Ariska, R. C. Insagi, and A. P. Gobel, "Analisa Produktivitas Alat Pemberaian Bulldozer Ripper Caterpillar D9R dan D10R untuk Mencapai Target Standar Produktivitas Material Overburden dan Batubara di Pit 4 PT Cipta Kridatama Site PT Dizamatra Powerindo Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan," *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 45-51, 2024.
- [7] Yosafat, U. Saismana, and R. N. Hakim, "Optimasi produktivitas bulldozer pada kegiatan penumpukan batubara di Stockpile K3 PT Adaro Indonesia," *Jurnal Himasapta*, vol. 8, no. 2, pp. 109-112, 2023.
- [8] R. Anisari, "Perhitungan Produktivitas Bulldozer Pada Aktivitas Dozing Di PT. Pamapersada Nusantara Tabalong Kalimantan Selatan," *Jurnal INTEKNA*, vol. 18, no. 1, pp. 8-12, 2018.
- [9] Aprilliana, M. Adiwarman, I. A. Ramadhon, and Putra, "Analisis Produktivitas Alat Angkut Pada Kegiatan Pengangkutan Batubara," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2023.
- [10] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [11] R.L. Peurifoy, C.J. Schexnayder, A. Shapira, R.L. Schmitt, and A. Cohen, *Construction Planning, Equipment & Methods : Tenth Edition*, New York: McGraw-Hill, 896 pp, 2024.
- [12] F. S. Putri, N. Abdillah, and A. Aziz, "Analisa Produktivitas Alat Berat Bulldozer pada Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Peningkatan Jalan Simpang Batang – Lubuk Gaung," *JURNAL SLUMP TeS*, vol. 3, no. 2, pp. 16-21, 2025.

- 
- [13] Komatsu, *Specifications & Application Handbook Edition 32*. Japan: Komatsu Ltd, 2019.
- [14] M. F. Seprizal, A. Yanottama, D. A. Permadi, Z. Navtalia, and D.W. Agustine, “Analisis Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut untuk Perubahan Shift Kerja pada Quarry Batugamping PT X, Jawa Barat, “ *Mineral*, vol. 10, no. 2, pp. 57-63, 2025.
- [15] A. T. Tenriajeng, *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma, 2003.