

# Optimasi produktivitas *bulldozer* pada kegiatan *penumpukan batubara* di *Stockpile K3 PT Adaro Indonesia*

## *Productivity optimization of the bulldozer in stockpiling activities at Stockpile K3 PT Adaro Indonesia*

Yosafat<sup>1</sup>, Uyu Saismana<sup>2</sup>, Romla Noor Hakim<sup>3\*</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Program Studi Rekayasa Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

JL. A. Yani KM 35,5 Banjarbaru 70714. Telp 0812-5475-6338

e-mail: <sup>1</sup>[androidafat@gmail.com](mailto:androidafat@gmail.com), <sup>2</sup>[uyu@ulm.ac.id](mailto:uyu@ulm.ac.id), <sup>3</sup>[romla@ulm.ac.id](mailto:romla@ulm.ac.id)

### ABSTRAK

Pada area *stockpile* PT Adaro Indonesia Site Kelanis, untuk menunjang kegiatan penumpukan batubara dan mendukung proses pengapalan batubara diperlukan peran alat berat yaitu *bulldozer*. Namun tidak adanya target produksi menjadi kendala karena tidak ada acuan untuk mengetahui kegiatan *stockpiling* sudah produktif atau belum. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis faktor-faktor produktivitas seperti efisiensi kerja, *cycle time* dan jarak dorong *bulldozer* secara aktual. Berdasarkan data aktual, didapatkan efisiensi kerja dan produktivitas *bulldozer* dari setiap jarak dorong 10m efisiensi kerja 81,08% produktivitas 996,00m<sup>3</sup>/Jam, 20m efisiensi kerja 78,25% produktivitas 629,78m<sup>3</sup>/Jam, 30m efisiensi kerja 83,65% produktivitas 492,20m<sup>3</sup>/Jam, 40m efisiensi kerja 90,88% produktivitas 410,54m<sup>3</sup>/Jam, 50 meter efisiensi kerja 96,41% produktivitas 339,23m<sup>3</sup>/Jam dan 60m efisiensi kerja 88,65% produktivitas 238,74m<sup>3</sup>/Jam. Dengan banyaknya waktu hambatan yang bisa dimanfaatkan untuk tetap bekerja, maka efisiensi kerja dan produktivitas *bulldozer* bisa dioptimalkan dengan cara memperbaiki waktu hambatan yang bisa dihindari pada jarak 10-50m. Didapatkan hasil perbaikan 10m efisiensi kerja 83,36% produktivitas 1027,30m<sup>3</sup>/Jam, 20m efisiensi kerja 87,93% produktivitas 707,66m<sup>3</sup>/Jam, 30m efisiensi kerja 88,39% produktivitas 520,10m<sup>3</sup>/Jam, 40m efisiensi kerja 97,34% produktivitas 439,74m<sup>3</sup>/Jam, dan 50m efisiensi kerja 97,65% dengan produktivitas 343,59m<sup>3</sup>/Jam.

**Kata-kata kunci:** batubara, *cycle time*, efisiensi, waktu hambatan

### ABSTRACT

*In the stockpile area of PT Adaro Indonesia Site Kelanis, to support coal stacking activities and support the coal shipping process, the role of heavy equipment, namely bulldozers, is needed. However, the absence of production targets is an obstacle because there is no reference to knowing whether stockpiling activities have been productive or not. The method used in this study is to analyze productivity factors such as work efficiency, cycle time and bulldozer thrust distance in real-time. Based on actual data, work efficiency and bulldozer productivity were obtained from every 10m thrust distance, work efficiency 81.08%, productivity 996.00m<sup>3</sup>/hour, 20m work efficiency 78.25%, productivity 629.78m<sup>3</sup>/hour, 30m work efficiency 83.65%, productivity 492.20m<sup>3</sup>/hour, 40m work efficiency 90.88%, productivity 410.54m<sup>3</sup>/hour, 50 meters work efficiency 96.41%, productivity 339.23m<sup>3</sup>/hour and 60m work efficiency 88.65% productivity 238.74m<sup>3</sup>/hour. With so much obstacle time that can be used to keep working, the work efficiency and productivity of the bulldozer can be optimized by improving the time of obstacles that can be avoided at 10-50m. The results of improvements were 10m work efficiency 83.36% productivity 1027.30m<sup>3</sup>/hour, 20m work efficiency 87.93% productivity 707.66m<sup>3</sup>/hour, 30m work efficiency 88.39% productivity 520.10m<sup>3</sup>/hour, 40m work efficiency 97.34% productivity 439.74m<sup>3</sup>/hour, and 50m work efficiency 97.65% with productivity 343.59m<sup>3</sup>/hour.*

**Keywords:** coal, *cycle time*, efficiency, time of obstacles

### PENDAHULUAN

Untuk menunjang kegiatan penumpukan batubara dan mendukung proses pengapalan batubara pada area *stockpile* PT Adaro Indonesia, Site Kelanis, diperlukan peran alat berat yaitu *bulldozer*. Peran utama dozer pada kegiatan *stockpile* yaitu untuk mengatur penempatan batubara yang masuk (*coal in*) dan penempatan batubara yang disiapkan untuk keluar (*coal out*), termasuk mengatur penempatan batubara yang tersisa (*coal balance*). Selain itu, kegunaan *bulldozer* pada area *stockpile* juga digunakan untuk mengatur pergerakan batubara serta mengurangi resiko degradasi batubara.

[1] Walaupun cenderung dihindari dalam penanganan batubara, *bulldozer* memiliki kecepatan dan mobilitas yang baik. Kurang optimalnya kinerja *bulldozer* dikarenakan adanya beberapa faktor penghambat yang dapat mempengaruhi besar produktivitas dari alat tersebut. [2] [3] Estimasi produktivitas merupakan tantangan

signifikan yang dihadapi dalam pemindahan material. Secara tradisional, penggunaan [4] katalog pabrikan atau hanya mengandalkan pengalaman personel lokasi untuk memperkirakan tingkat produksi peralatan. Namun, tidak ada acuan untuk menentukan apakah *bulldozer* tersebut sudah produktif. Hal ini yang melatar belakangi penulis melakukan penelitian mengenai “Optimasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D 375A-6 pada kegiatan *stockpiling* batubara di *stockpile* Kelanis 3 PT Adaro Indonesia, Site Kelanis, Kabupaten Barito Selatan, Provinsi Kalimantan Tengah”.

### METODOLOGI

#### Deskripsi Data

Data primer dalam penelitian ini terdiri dari *cycle time bulldozer*, dan data waktu hambatan pekerjaan, sedangkan data sekunder terdiri dari curah hujan, peta kesampaian daerah dan peta geologi, spesifikasi *Bulldozer*,

spesifikasi *blade* modifikasi, kapasitas stockpile, dan densitas batubara.

**Pengolahan data**

Data-data yang dikumpulkan diolah dalam perhitungan *cycle time*, efisiensi kerja aktual, produksi per-siklus, jumlah siklus per-jam, dan produksi kerja kasar.

Produksi kerja *bulldozer* untuk satu kali siklus (q) dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$q = L \times H^2 \times a \tag{1}$$

dimana L merupakan lebar blade (m), H merupakan tinggi blade (m), a merupakan faktor blade.

Waktu siklus (CT) yang dibutuhkan *Bulldozer* untuk menyelesaikan pekerjaan adalah dimulai pada saat maju (FT), ganti gigi mundur (GCTR), mundur (RT), dan ganti gigi maju (GCTF) seperti dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$CT = FT + GCTR + RT + GCTF \tag{2}$$

Perhitungan untuk mendapatkan efisiensi kerja aktual (E) perlu dilakukan menggunakan Persamaan (3) dimana WT merupakan waktu hambatan kerja.

$$E = \frac{CT}{CT+WT} \times 100\% \tag{3}$$

[5] [6] Kapasitas operasi alat berat biasa dinyatakan dalam m<sup>3</sup>/jam atau *cuyd*/jam, sedangkan produksi alat dinyatakan dalam volume pekerjaan yang dikerjakan per siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam kerja (Q).

$$Q = \frac{3600 \times V}{CT} \tag{4}$$

**HASIL DAN DISKUSI**

**Hasil**

Perhitungan untuk produksi per-siklus diambil dari lebar, tinggi dan faktor blade material.

$$q = 5,14m \times 2,27 m^2 \times 1 = 11,67 m^3$$

Waktu edar *bulldozer* ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan *bulldozer* dalam melakukan perataan dan membantu loading batubara di stockpile berdasarkan jarak dorongnya (lihat Tabel-1). Hasil perhitungan efisiensi kerja aktual *bulldozer* dapat dilihat pada Tabel-2. Adapun jumlah siklus per-jam dari setiap jarak dorong dapat dilihat pada Tabel-3. Berdasarkan hasil dari perhitungan, produksi kerja kasar *bulldozer* dapat dilihat Tabel-4. Hasil produktivitas dari setiap jarak dorong dapat dilihat pada Tabel-5.

**Diskusi**

Pada pengolahan data hasil pengamatan dari alat mekanis, produktivitas *bulldozer* D 375A-6 yang beroperasi di *stockpile* K3 tergantung dari jarak *dozing*, waktu siklus (*cycle time*) dan efisiensi kerja alat tersebut. Faktor utama yang mempengaruhi efisiensi kerja *bulldozer* dipengaruhi oleh waktu tunda (*delay*) saat proses pekerjaan. [7] Perusahaan diharapkan untuk mengoperasikan peralatan seefisien mungkin untuk memaksimalkan output sambil meminimalkan biaya investasi dan produksi.

**Tabel-1.** Total Waktu Edar

Jarak dorong (m)	Waktu edar (CT)	
	detik	menit
10	34,43	0,57
20	52,39	0,87
30	71,86	1,20
40	93,02	1,55
50	119,52	1,99
60	156,27	2,60

**Tabel-2.** Efisiensi Kerja

Jarak Dorong (m)	Tunda (detik)	Efisiensi Kerja (%)
10	8,03	81,08%
20	14,56	78,25%
30	14,04	83,65%
40	9,33	90,88%
50	4,45	96,41%
60	20,00	88,65%

**Tabel-3.** Jumlah Siklus Per-Jam

Jarak Dorong (m)	Waktu Edar (menit)	Jumlah Siklus Per Jam
10	0,57	105
20	0,87	69
30	1,20	50
40	1,55	39
50	1,99	30
60	2,60	23

**Tabel-4.** Produksi Kerja Kasar

Jarak Dorong (m)	Produksi per-siklus (m <sup>3</sup> )	Jumlah siklus per jam	Produksi kerja kasar
10	11,67	105	1225,35
20	11,67	69	805,23
30	11,67	50	583,50
40	11,67	39	455,13
50	11,67	30	350,10
60	11,67	23	268,41

**Tabel-5.** Produktivitas Bulldozer

Jarak Dorong (m)	Waktu edar (menit)	Efisiensi kerja (%)	Produktivitas (m <sup>3</sup> /Jam)
10	0,57	81,31%	996,00
20	0,87	78,26%	629,78
30	1,20	83,66%	492,20
40	1,55	90,88%	410,54
50	1,99	96,41%	339,23
60	2,60	88,65%	238,74

Efisiensi kerja aktual dari *bulldozer* Komatsu D 375A-6 sudah optimal, namun masih bisa ditingkatkan jika melihat banyaknya waktu hambatan pada saat pekerjaan. Berdasarkan analisis yang dilakukan, waktu hambatan yang bisa dihindari meliputi saat *feeder* dalam keadaan penuh dan loading batubara ke *stockpile* (*coal in*). Sedangkan waktu yang tidak dapat dihindari meliputi waktu mengisi bahan bakar, kegiatan survey di *stockpile*, *sampling* di *stockpile*, dan pergantian operator.

[8] [9] [10] Produktivitas *bulldozer* akan terus menurun seiring dengan semakin jauhnya jarak dorong. Hal ini dikarenakan semakin jauh jarak, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus semakin lama.

Untuk mendapatkan efisiensi kerja yang lebih baik, perlu dilakukan simulasi perbaikan terhadap waktu tunda yang bisa dihindari di jarak 10 sampai 50 meter. Waktu tersebut bisa dimanfaatkan untuk tetap bekerja, sehingga menambah jumlah siklus di masing-masing jarak dorong 10 sampai 50 meter. Untuk jarak dorong 60 meter, tidak ada penambahan jumlah siklus dari waktu tunda yang bisa dihindari, karena pada jarak dorong 60 meter semua waktu tundanya tidak bisa dihindari.

**Tabel-6.** Waktu Hambatan Kerja *Bulldozer*

Jarak Dorong (m)	Bisa dihindari	Tidak bisa dihindari	Stand by	Jumlah Siklus
10	212,63	872,21	529,71	201
20	2525,89	2334,83	815,78	390
30	1559,06	2436,4	1395,29	384
40	2043,91	359,13	481,15	309
50	538,75	564,49	453,37	350
60	-	1717,66	202,36	96

**Tabel-7.** Simulasi Pemanfaatan Waktu Tunda

Jarak dorong (m)	Rata-rata Cycle Time (menit)	Waktu tunda yang dihindari (menit)	Jumlah Siklus	
			Aktual	Simulasi
10	0,57	3,54	201	208
20	0,87	42,09	390	438
30	1,19	25,98	384	406
40	1,55	34,06	309	331
50	1,99	8,97	350	354
60	2,60	-	96	96

**Tabel-8.** Rata-rata Waktu Tunda

Jarak (m)	10	20	30	40	50	60
Total waktu tunda (detik)	1402	3151	3832	840	1018	1920
Jumlah siklus total	208	438	406	331	354	96
Rata - rata (detik)	6,74	7,19	9,44	2,54	2,88	20,00

**Tabel-9.** Perbandingan Efisiensi Kerja

Jarak dorong (m)	Aktual		Simulasi	
	Siklus	Ef (%)	Siklus	Ef (%)
10	201	81,08%	208	83,63%
20	390	78,25%	438	87,93%
30	384	83,65%	406	88,39%
40	309	90,88%	331	97,34%
50	350	96,41%	354	97,65%
60	96	88,65%	96	88,65%

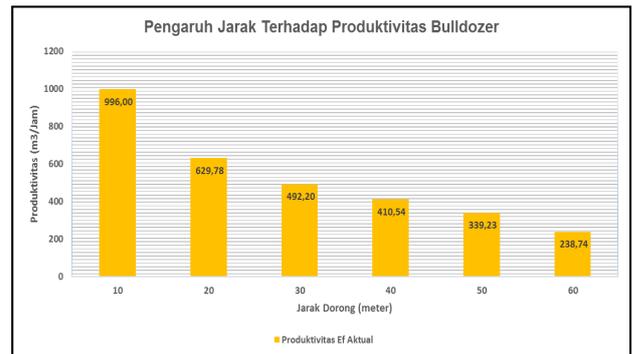
Setelah menggunakan waktu tunda yang bisa dihindari untuk tetap bekerja, didapatkan jumlah penambahan siklus dari memanfaatkan waktu tunda tersebut. Selanjutnya yaitu memperbaiki efisiensi kerja di jarak dorong 10 sampai 50 meter dengan jumlah siklus simulasi.

Berdasarkan Table-8, didapatkan hasil dari rata-rata waktu tunda dengan jumlah siklus total dari setiap jarak dorong *bulldozer*. Rata-rata waktu tunda ini digunakan untuk menghitung efisiensi kerja simulasi. Perbandingan efisiensi kerja aktual dengan efisiensi kerja perbaikan dengan penambahan jumlah siklus simulasi dapat dilihat pada Tabel-9 dan Gambar-2.

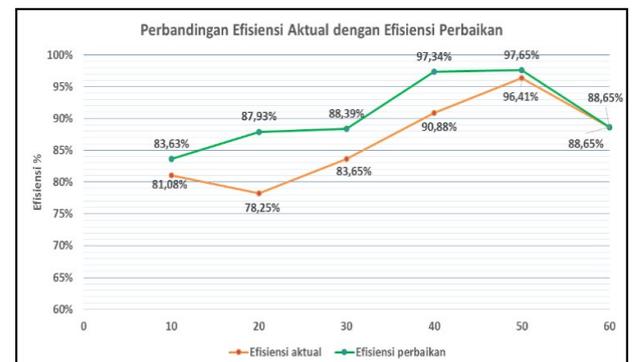
Setelah melakukan perbaikan efisiensi kerja, maka didapat hasil produktivitas pada jarak 10, 20, 30, 40 dan 50 meter menjadi meningkat. Peningkatan produktivitas di jarak dorong 10 meter yaitu sebanyak 31.3 m<sup>3</sup>/Jam, 20 meter sebanyak 77.88 m<sup>3</sup>/Jam, jarak 30 meter 27,9 m<sup>3</sup>/Jam, jarak 40 meter 29,2 m<sup>3</sup>/Jam dan peningkatan produktivitas paling kecil di jarak 50 meter yaitu 4,36 m<sup>3</sup>/Jam hal ini disebabkan karena sedikitnya waktu hambatan yang bisa dihindari. Untuk jarak 60 meter, tidak ada perubahan produktivitas karena tidak ada waktu hambatan yang bisa dihindari.

**Tabel-10.** Perbandingan Produktivitas Aktual dan Perbaikan.

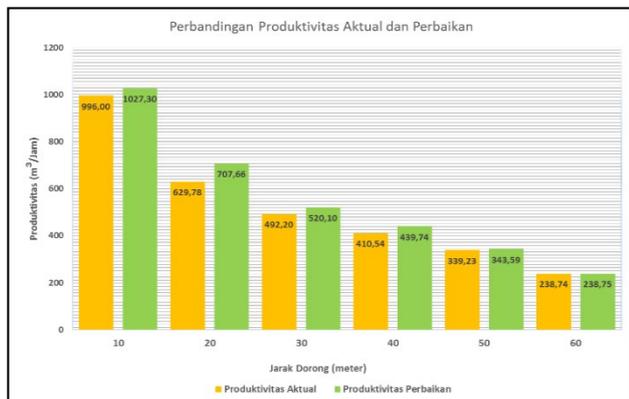
Jarak dorong (m)	Efisiensi Kerja (%)		Produktivitas Aktual (m <sup>3</sup> /Jam)	Produktivitas Perbaikan (m <sup>3</sup> /Jam)
	Aktual	Perbaikan		
10	81,08%	83,63%	996,00	1027,30
20	78,25%	87,93%	629,78	707,66
30	83,65%	88,39%	492,20	520,10
40	90,88%	97,34%	410,54	439,74
50	96,41%	97,65%	339,23	343,59
60	88,65%	88,65%	238,74	238,75



**Gambar-1.** Grafik Pengaruh Jarak Dorong Terhadap Produktivitas.



**Gambar-2.** Grafik Perbandingan Efisiensi Aktual dan Perbaikan.



Gambar-3. Perbandingan Produktivitas Aktual dan Perbaikan

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Faktor-faktor penghambat produktivitas *bulldozer* sehingga produktivitasnya tidak optimal yaitu banyaknya waktu tunda yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti menunggu *loading by pass*, menunggu muatan *feeder* hingga kosong saat proses pengapalan batubara, adanya kegiatan survey penetapan kapasitas *stockpile*, pengambilan sampel batubara dan banyaknya waktu tunda pekerjaan.
2. Upaya peningkatan produktivitas *bulldozer* dilakukan dengan cara:
  - a. Perbaikan dengan memangkas waktu tunda yang bisa dihindari seperti pada saat *bulldozer* menunggu *loading by pass* dan menunggu muatan *feeder* hingga kosong saat proses pengapalan batubara dari setiap jarak dorong *bulldozer*, sehingga didapatkan rata-rata hasil waktu tunda pada jarak 10meter dari 8,03 menjadi 6,47 detik, jarak 20meter dari 14,56 menjadi 7,19 detik, jarak 30meter dari 14,04 menjadi 9,44 detik, jarak 40meter dari 9,33 menjadi 2,54 detik dan 50meter dari 4,45 menjadi 2,88 detik.
  - b. Setelah melakukan perbaikan waktu tunda, maka didapat peningkatan efisiensi kerja *bulldozer*. Dari hasil perbaikan, didapat peningkatan efisiensi kerja pada jarak dorong 10meter meningkat 2,55% dari 81,08% menjadi 83,36%, jarak 20meter meningkat 9,68% dari 78,25% menjadi 86,65%, jarak 30meter meningkat 4,74% dari 83,65% menjadi 88,39%, jarak 40meter meningkat 6,46% dari 90,88% menjadi 97,34% dan jarak 50meter meningkat 1,24% dari 96,41% menjadi 97,65%.
3. Peningkatan produktivitas dari masing-masing jarak dorong yaitu pada jarak 10meter dari 996,00 menjadi 1027,30 m<sup>3</sup>/Jam, 20meter dari 629,78 menjadi 707,66m<sup>3</sup>/Jam, 30meter dari 492,20 menjadi 520,10 m<sup>3</sup>/Jam, 40meter dari 410,54 menjadi 439,74 m<sup>3</sup>/Jam, dan pada jarak 50meter dari 339,23 menjadi 343,59 m<sup>3</sup>/Jam.

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Untuk mengurangi kerusakan pada alat *crusher* dan *downtime* saat pengumpulan sebaiknya perlu

ditambahkan *grizzly* pada *hopper* untuk memisahkan atau menghindari *boulder* masuk langsung ke dalam *hopper*.

2. Sebaiknya pola penumpukan dan pemindahan material batubara pada *ROM* lebih diperhatikan agar *dump truck* langsir dan *wheel loader* dapat bekerja secara *continue*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Song, "Analysis of optimization configuration for coal handling system in large power plant," *In 2012 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, IEEE, 2012, pp. 1-4.
- [2] A. Rashidi, *et al.*, "Productivity estimation of bulldozers using generalized linear mixed models," *KSCE journal of civil engineering*, vol. 18, pp. 1580-1589, 2014.
- [3] E. R. Azar, *et al.*, "Effectiveness of automated machine guidance technology in productivity improvement: Case study," *in 5th International/11th Construction Specialty Conference*, Vancouver, 2015, pp. 269-1 - 10.
- [4] *Handbook Komatsu D375A-6 Crawler Dozer Anonim*, Komatsu, Japan, 2017, p. 13.
- [5] K. Mario, *et al.*, "Calculation analysis of bulldozer's productivity in gravitational transport on open pits," *Tehnicki vjesnik*, vol. 21, no. 3, pp. 517-523, 2014.
- [6] M. Teemu, *et al.*, "High-level controller for high productivity earthmoving by tracked bulldozers," *In Fluid Power Systems Technology*, American Society of Mechanical Engineers, vol. 83754, 2020, p. V001T01A022.
- [7] P. O'Connor and Kleyner, A. *Practical Reliability Engineering*, Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2012.
- [8] N. Barakat and D. Sharma, "Evolutionary multi-objective optimization for bulldozer and its blade in soil cutting," *International journal of management science and engineering management*, vol. 14, no. 2, pp. 102-112, 2019.
- [9] R. Febriyani, *et al.*, "Permodelan kombinasi peralatan mekanis dalam optimalisasi produktivitas armada di PT Semesta Centramas," *Jurnal Himasapta*, vol. 7, no. 3, pp. 129-136, 2022.
- [10] M. Saifuddin, *et al.*, "Analisis kebutuhan bulldozer pada aktivitas slippery Pit 1 Blok 24 PT Senamas Energindo Mineral," *Jurnal Himasapta*, vol. 7, no. 2, pp. 103-106, 2022.