

Optimasi Waktu Kerja, Lokasi Disposasi, dan Jumlah Peralatan PTM untuk Meningkatkan Kinerja Waktu dan Biaya

Andhirta Kurnia Rizma¹⁾, Afrizal Nursin²⁾, Pandit Purnajua³⁾

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr.G. A.Siwabessy, Kampus UI Depok, 16242. e-mail:¹⁾andhirta.kurniarizma.ts17@mhs.w.pnj.ac.id, ²⁾afrizal.nursin@sipil.pnj.ac.id,

³⁾ Site Commercial Administration and Risk Manager, PT X, Proyek Jalan Tol Cisumdawu Phase II, e-mail: ³⁾purnajua@gmail.com

Abstrak

Proyek harus selesai dalam jangka waktu yang telah ditentukan dengan menggunakan biaya seminimum mungkin. Salah satu pengeluaran biaya terbesar adalah penggunaan peralatan PTM. Pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu Phase II terdapat keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan gali dan buang tanah. Keterlambatan diakibatkan adanya produksi peralatan PTM di lapangan yang tidak sesuai dengan rencana. Hal ini akhirnya mengakibatkan durasi pekerjaan gali dan buang tanah menjadi bertambah. Semakin lama durasi pekerjaan, semakin besar juga biaya penggunaan peralatan PTM. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai optimasi penggunaan peralatan PTM. Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) Menganalisis kombinasi penggunaan peralatan pemindahan tanah mekanis untuk mencapai kondisi optimal. (2) Menentukan waktu tercepat pada pekerjaan gali dan buang tanah. (3) Menentukan biaya minimum pada pekerjaan gali dan buang tanah. Pemilihan peralatan PTM yang optimal dilakukan dengan menentukan lokasi disposasi, waktu kerja, dan jenis alat, serta menghitung masing-masing biaya, waktu dan jumlah peralatan PTM pada pekerjaan gali dan buang tanah pada proyek pembangunan Jalan Tol Cisumdawu Phase II. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analitis. Dari hasil penelitian didapatkan kombinasi peralatan PTM yang optimal yaitu kombinasi alternatif 18 dengan lokasi disposasi Girimukti, waktu kerja lembur, dan jumlah alat excavator PC300 3 unit, dumptruck fm260JD 9 unit, dan bulldozer D65E 2 unit dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah dengan durasi total 46 hari atau lebih cepat 283 hari dari kombinasi eksisting dan biaya total sebesar Rp 5,535,309,367 atau berkurang 76.24% dari kombinasi eksisting.

Kata kunci: Biaya; Optimasi; Peralatan PTM; Waktu

Abstract

The project must be completed within the specified timeframe using the minimum possible cost. One of the biggest expenses is the use of PTM equipment. In the Cisumdawu Phase II Toll Road Project, there was a delay in the completion of the excavation and soil disposal works. The delay was caused by the production of PTM equipment that was not following the plan. This eventually resulted in the duration of the excavation and soil disposal works being increased. The longer duration of the work, the larger the costs of using PTM equipment. Therefore, this research was conducted on optimizing the use of PTM equipment. The aims of this study are: (1) To analyze the combination of the use of mechanical earthmoving equipment to achieve optimal conditions. (2) Determining the fastest time for excavation and soil disposal works. (3) Determine the minimum cost of excavation and soil disposal works. The optimal selection of PTM equipment is carried out by determining the disposal location, working time, and type of equipment, as well as calculating the respective costs, time, and amount of PTM equipment in the excavation and soil disposal work of the Cisumdawu Toll Road Phase II construction project. The research method used in this research is a descriptive-analytical method. From the results of the study, it was found that the optimal combination of PTM equipment, namely an alternative combination of 18 with the Girimukti disposal location, overtime work, and the number of excavators PC300 3 units, dump trucks fm260JD 9 units, and bulldozers D65E 2 units can complete the work of digging and removing soil with a total duration 46 days or 283 days faster than the existing combination and the total cost is Rp 5,535,309,367 or a decrease of 76.24% from the existing combination.

Keywords: Cost; Optimization; PTM Equipment; Time



Copyright © 2021 The Author(s)

This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang berakitan dengan pembangunan dengan kurun waktu yang terbatas dan sumber daya tertentu untuk mendapatkan hasil pekerjaan konstruksi yang baik. Terdapat beberapa elemen pendukung untuk mencapai hasil pekerjaan konstruksi yang baik. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan bantuan peralatan pemindahan tanah mekanis yang selanjutnya disebut peralatan PTM. Keuntungan menggunakan peralatan pemindahan tanah mekanis antara lain waktu pekerjaan lebih cepat, produktivitas besar, ekonomis, dan mutu hasil kerja lebih baik. (Thayeb, M.A.)

Penggunaan peralatan PTM harus disesuaikan antara kondisi lapangan, kapasitas alat dan jumlah alat agar mencapai kondisi yang optimal. Kondisi optimal yaitu kondisi yang ideal dimana suatu pekerjaan dapat selesai dengan biaya dan waktu yang telah ditentukan. (Tim Prima Pena, 2015)

Pada proyek konstruksi kebutuhan untuk peralatan antara 7 – 15 % dari biaya proyek, peralatan konstruksi yang dimaksud adalah alat/peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi secara mekanis (Turalaki dkk., 2018)

Pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu Phase II terdapat keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan gali dan buang tanah. Menurut kontraktor, keterlambatan tersebut disebabkan oleh adanya produksi peralatan PTM di lapangan yang tidak sesuai dengan produksi rencana.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis penggunaan peralatan PTM Excavator, Dumpttruck dan Bulldozer dengan menggunakan metode deskriptif analitis untuk mendapatkan kondisi peralatan PTM yang optimal dari beberapa tinjauan, yaitu lokasi pembuangan tanah (disposal), waktu kerja, dan kapasitas alat. Sehingga dengan kondisi peralatan PTM yang optimal, maka pekerjaan gali dan buang tanah pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu Phase II dapat selesai dalam biaya dan waktu yang telah ditentukan.

Berdasarkan latar belakang terdapat beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai

berikut: a) Bagaimana kombinasi penggunaan peralatan pemindahan tanah untuk mencapai kondisi optimal. b) Berapa lama durasi pekerjaan gali dan buang tanah yang optimal. c) Berapa besar biaya pada pekerjaan gali dan buang tanah yang optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: a) Menganalisis kombinasi penggunaan peralatan pemindahan tanah mekanis untuk mencapai kondisi optimal. b) Menentukan waktu tercepat pada pekerjaan gali dan buang tanah. c) Menentukan biaya minimum pada pekerjaan gali dan buang tanah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2021 yang dilakukan di proyek pembangunan Jalan Tol Cisumdawu Phase II STA 18+975 – STA 19+425. Sedangkan yang menjadi objek penelitian pada penelitian ini adalah peralatan pemindahan tanah mekanis pada pekerjaan gali dan buang tanah. Tanah merupakan bagian dari pekerjaan konstruksi yang perlu diperhatikan karena tanah adalah komponen utama pendukung struktur dalam pekerjaan konstruksi. (Kalengkongan, 2020)

Tahapan untuk mendapatkan kombinasi peralatan PTM yang optimal yaitu dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari kondisi lokasi dan jenis tanah lokasi pekerjaan gali dan buang tanah, kondisi peralatan PTM eksisting, waktu siklus peralatan PTM eksisting, dan jarak lokasi disposal eksisting dan rencana. Sedangkan data sekunder terdiri dari volume, RAB, dan jadwal pekerjaan gali dan buang tanah, harga sewa alat dan upah operator alat, gambar dan metode pelaksanaan, dan brosur alat berat. Selanjutnya data primer dan data sekunder dianalisis yang diawali dengan:

Menganalisis Kombinasi Peralatan PTM

Menganalisis kombinasi peralatan PTM diawali dengan menentukan formasi kombinasi peralatan PTM, kombinasi peralatan PTM yang dimaksud adalah kombinasi alat dengan jumlah alat, spesifikasi alat, waktu kerja, dan lokasi disposal yang berbeda.

Lalu menghitung waktu siklus masing-masing peralatan PTM, waktu siklus excavator

alternatif dapat dilihat pada tabel 1 berikut. (Tenrisuki, 2003)

Tabel 1. Waktu siklus *excavator*

Jenis Excavator	Waktu (detik)	
	Swing Angle	
	45 ^o – 90 ^o	90 ^o – 180 ^o
PC 60	10 – 13	13 – 16
PW 60	10 – 13	13 – 16
PC 80	11 – 14	14 – 17
PC 100	11 – 14	14 – 17
PW 100	11 – 14	14 – 17
PC 120	11 – 14	14 – 17
PC 150	13 – 16	16 – 19
PW 150	13 – 16	16 – 19
PC 180	13 – 16	16 – 19
PC 200	13 – 16	16 – 19
PC 210	14 – 17	17 – 20
PW 210	14 – 17	17 – 20
PC 220	14 – 17	17 – 20
PC 240	15 – 18	18 – 21
PC 280	15 – 18	18 – 21
PC 300	15 – 18	18 – 21
PC 360	16 – 19	19 – 22
PC 400	16 – 19	19 – 22
PC 650	18 – 21	21 – 24
PC 1000	22 – 25	25 – 28
PC 1600	24 – 27	27 – 30

Sumber : Tenrisukki. 2003

Berdasarkan Tabel 1 diatas, Waktu siklus *excavator* alternatif didapat berdasarkan jenis *excavator* dan besaran derajat putaran.

Waktu siklus *dumptruck* alternatif dapat dihitung menggunakan rumus berikut. (Tenrisuki, 2003)

$$CT = LT + HT + RT + t_1 + t_2 \quad (1)$$

Keterangan:

- LT = Waktu Mengisi (menit)
- HT = Waktu Mengangkut = J/V_1 dalam satuan menit
- RT = Waktu Kembali = J/V_2 dalam satuan menit
- t_1 = Waktu *dumping* (menit)
- t_2 = Waktu persiapan *loading* (menit)

Waktu siklus *bulldozer* alternatif dapat dihitung menggunakan rumus berikut. (Tenrisuki, 2003)

$$CT = \frac{J}{F} + \frac{J}{R} + Z \quad (2)$$

Keterangan:

- CT = Cycle time (menit)
- J = Jarak dorong (m)
- F = Kecepatan maju (m/menit)
- R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu tetap (menit)

Setelah menghitung waktu siklus, dilanjutkan dengan menghitung taksiran produksi masing-masing peralatan PTM, taksiran produksi *excavator* dapat digitung menggunakan rumus berikut. (Tenrisuki, 2003)

$$TP = \frac{KB \times BF \times 3600 \times FK}{CT} \quad (3)$$

Keterangan:

- TP = Taksiran produksi (m^3/jam)
- KB = Kapasitas bucket (m^3)
- BF = Bucket factor
- FK = Faktor koreksi, dipengaruhi oleh:
 - Efisiensi Alat
 - Efisiensi Operator
 - Efisiensi Waktu

CT = Cycle time (detik)

Taksiran produksi *dumptruck* dapat dihitung menggunakan rumus berikut. (Tenrisuki, 2003)

$$TP = \frac{C \times 60 \times FK}{CT} \quad (4)$$

Keterangan:

- TP = Taksiran Produksi (m^3/jam)
- C = Kapasitas vessel (m^3)
- FK = Faktor koreksi, dipengaruhi oleh:
 - Efisiensi Alat
 - Efisiensi Operator
 - Efisiensi Waktu

CT = Cycle time per rit *Dumptruck* (menit)

Taksiran produksi *dumptruck* dapat dihitung menggunakan rumus berikut. (Tenrisuki, 2003)

$$TP = \frac{KB \times 60 \times FK}{CT} \quad (5)$$

Keterangan:

- TP = Taksiran Produksi (m^3/jam)
- KB = Kapasitas Blade (m^3)
- FK = Faktor Koreksi & Efisiensi alat
- CT = Cycle time (detik)

Setelah menghitung produksi masing-masing alat, dilanjutkan dengan menentukan jumlah masing-masing peralatan PTM dengan rumus berikut. (Shinta dkk., 2017)

$$N = \frac{V}{T \times t \times TP} \quad (6)$$

Keterangan:

- N = Jumlah Peralatan (Unit)

V = Volume Pekerjaan (m^3)
T = Waktu Target Pekerjaan (hari)
t = Waktu kerja perhari (jam)
TP = Taksiran produksi alat

Menghitung Waktu Penggunaan Peralatan PTM

Setelah didapatkan Jumlah peralatan yang dibutuhkan dari masing-masing alat, selanjutnya dihitung waktu penggunaan masing-masing alat dan juga durasi total penggunaan alat dengan rumus berikut. (Ramadhani dkk., 2017)

$$Ti = \frac{V}{TP \times N} \quad (7)$$

Keterangan:

Ti = Waktu Penggunaan Alat (jam)
V = Volume Pekerjaan (m^3)
TP = Taksiran produksi alat
N = Jumlah Peralatan (Unit)

Durasi total dapat dihitung menggunakan rumus berikut. (Purwanto dkk., 2016)

$$To = \frac{V}{TPi} \quad (8)$$

Keterangan:

To = Durasi Total (jam)
V = Volume Pekerjaan (m^3)
TPi = Taksiran produksi alat terkecil

Menghitung Biaya Penggunaan Peralatan PTM

Berdasarkan Permen PUPR No.28/PRT/M/2016, biaya penggunaan peralatan PTM terdiri dari biaya sewa alat, mobdemob alat, biaya non teknis, dan untuk operasional alat. Biaya operasional terdiri dari biaya operator, biaya pelumas, biaya perbaikan dan biaya bahan bakar. Biaya bahan bakar dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$H = (12\% \sim 15\%) \times HP \quad (9)$$

Keterangan:

H = Banyaknya bahan bakar yang digunakan dala satu jam dengan satuan liter/jam
Hp = Horse Power, kapasitas tenaga mesin penggerak
12% = Untuk alat yang bertugas ringan
15% = Untuk alat yang bertugas berat

Biaya minyak pelumas dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$I = (2.5\% \sim 3\%) \times HP \quad (10)$$

Keterangan:

I = Banyaknya minyak pelumas yang digunakan dalam satu jam dengan satuan liter/jam
Hp = Horse Power, kapasitas tenaga mesin penggerak
2.5% = Untuk alat yang bertugas ringan
3% = Untuk alat yang bertugas berat

Biaya bengkel dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$J = (6.25\% \sim 8.75\%) \times \frac{B}{W} \quad (11)$$

Keterangan:

B = Harga pokok alat setempat
w = Jumlah jam kerja alat dalam satu tahun
6.25% = Untuk alat yang bertugas ringan
8.75% = Untuk alat yang bertugas berat

Biaya perawatan dan perbaikan dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

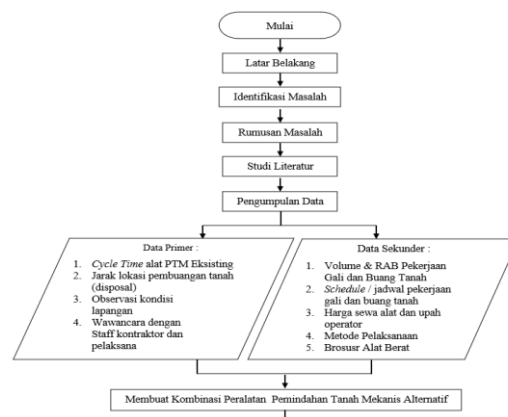
$$K = (12.5\% \sim 17.5\%) \times \frac{B}{W} \quad (12)$$

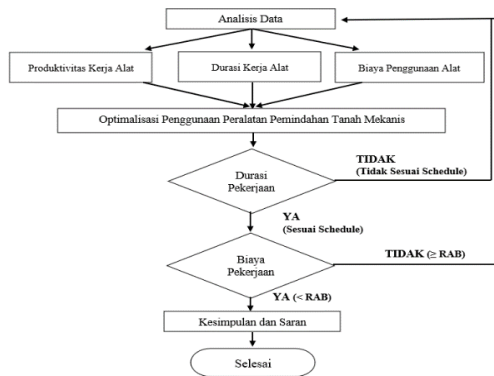
Keterangan:

B = Harga pokok alat setempat
w = Jumlah jam kerja alat dalam satu tahun
12.5% = Untuk alat yang bertugas ringan
17.5% = Untuk alat yang bertugas berat

Biaya upah operator dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Upah = 1 \text{ orang/jam} \times \text{Upah} \quad (13)$$





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Setelah kombinasi alat, durasi alat, dan biaya alat didapat, selanjutnya menentukan kombinasi optimal peralatan PTM sesuai dengan tujuan utama yang akan di capai yaitu meminimkan biaya dan waktu penggunaan peralatan PTM dengan mengoptimalkan jarak disposal, waktu kerja, kapasitas dan jumlah alat yang paling sesuai dengan kebutuhan

Untuk lebih jelasnya, tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Alat Eksisting

Pekerjaan Konstruksi yang besar tidak akan bisa berjalan cepat dan sempurna tanpa mempergunakan alat. (Dwiyanto, 2009) Oleh karena itu pada Pekerjaan Gali dan Buang Tanah di Proyek Cisumdawu Phase II menggunakan bantuan peralatan PTM seperti Excavator, Dumptruck, dan Bulldozer. Berikut ini merupakan jumlah peralatan PTM yang terdapat di lokasi proyek, jumlah ini merupakan percobaan yang dilakukan kontraktor setelah melakukan perpindahan disposal.

Tabel 2 Jenis dan Jumlah Alat Eksisting

Jenis Alat	Jumlah Alat
Excavator Komatsu PC - 200	1 Unit
Dumptruck Hino FM 260JD	12 Unit
Bulldozer Caterpillar D6D	1 Unit

Berdasarkan tabel diatas, alat yang digunakan pada pekerjaan gali dan buang tanah yaitu 1 unit *excavator* komatsu PC-200, 12 unit *dumptruck* hino FM260JD, dan 1 unit *Bulldozer* Caterpillar D6D.

Spesifikasi Alat Eksisting

Berikut ini merupakan spesifikasi peralatan PTM yang terdapat di lokasi proyek

berdasarkan brosur yang didapat dari kontraktor.

1. Excavator Komatsu PC - 200

Excavator difungsikan untuk mengangkat / memuat tanah keatas dumptruck untuk dibawa ke lokasi buangan. Excavator terbagi menjadi 5 jenis yaitu: Dragline, Clamshell, Crane, Power Shovel, Backhoe. (Kursin, 2008). Pada Pekerjaan Gali dan Buang Tanah di proyek ini, alat excavator yang digunakan yaitu excavator backhoe Komatsu PC-200 dengan kapasitas sebagai berikut.

- a. Kapasitas Bucket : $0.8 m^3$
- b. Berat Total : 20500 Kg
- c. Horse Power (HP) : 138 HP
- d. Bahan Bakar : Solar
- e. Umur Alat : 4 Tahun
- f. Jam Kerja 1 Tahun : 2000 Jam
- g. Kondisi : Baik

2. Dumptruck Hino FM 260 JD

Dumptruck memiliki fungsi untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan untuk proyek konstruksi. (Kholil, 2012) Dumptruck yang digunakan pada proyek ini yaitu Dumptruck Hino DM260JD dengan spesifikasi sebagai berikut.

- a. Kapasitas Vessel : $24 m^3$
- b. Berat Total : 26000 Kg
- c. Horse Power (HP) : 256 HP
- d. Umur Alat : 2 Tahun
- e. Jam Kerja 1 Tahun : 1600 Jam
- f. Kondisi : Baik

3. Bulldozer Caterpillar D6D

Bulldozer memiliki fungsi untuk mengupas lapisan permukaan, membuka jalan baru, dan menyebarkan material. (Fatena, 2008) Jenis Bulldozer yang digunakan pada proyek ini yaitu Bulldozer Caterpillar D6D dengan spesifikasi sebagai berikut.

- a. Berat Total : 9235 Kg
- b. Kapasitas Blade : $3,3 m^3$
- c. Horse Power (HP) : 139,5 HP
- d. Umur Alat : 4 Tahun
- e. Jam Kerja 1 Tahun : 2000 Jam
- f. Kondisi : Baik

Spesifikasi Alat Alternatif

Berikut ini merupakan spesifikasi peralatan PTM alternatif berdasarkan brosur yang didapat penulis.

1. Excavator Komatsu PC - 200

- a. Kapasitas Bucket : $1.4 m^3$
- b. Berat Total : 31100 Kg

- c. Horse Power (HP) : 246 HP
- d. Bahan Bakar : Solar
- e. Umur Alat : 1.5 Tahun
- f. Jam Kerja 1 Tahun : 1000 Jam
- g. Kondisi : Baik Sekali

2. Bulldozer Caterpillar D6D

- a. Berat Total : 9235 Kg
- b. Kapasitas Blade : 3,3 m³
- c. Horse Power (HP) : 139,5 HP
- d. Umur Alat : 4 Tahun
- e. Jam Kerja 1 Tahun : 2000 Jam
- f. Kondisi : Baik

Lokasi Disposal

Pada penelitian ini terdapat 1 lokasi disposal eksisting dan 2 lokasi disposal alternatif seperti pada Gambar 2 berikut.

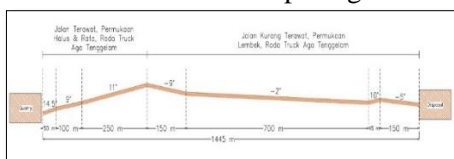


Gambar 2. Lokasi Disposal

Berdasarkan Gambar 2 diatas, terdapat 3 lokasi disposal dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Lokasi Disposal Eksisting

- a. Nama Lokasi : Disposal Nangtung
- b. Kapasitas disposal : 300,000 m³
- c. Jarak Disposal : 1445 meter
- d. Kondisi Jalur : Dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Jalur Disposal Nangtung

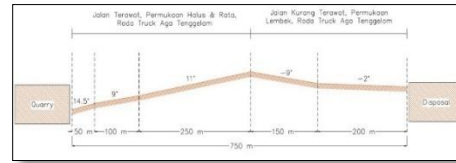
Berdasarkan gambar 3 diatas, kondisi jalur disposal nangtung adalah sebagai berikut:

- 400 meter jalan terawat, permukaan halus & rata, roda truck sedikit tenggelam.
- 1045 meter jalan kurang terawat, permukaan lembek roda truck sedikit tenggelam.

2. Lokasi Disposal Alternatif 1

- a. Nama Lokasi : Disposal Girimukti
- b. Kapasitas disposal : 400,000 m³
- c. Jarak Disposal : 750 meter

- e. Kondisi Jalur : Dapat dilihat pada gambar 4.



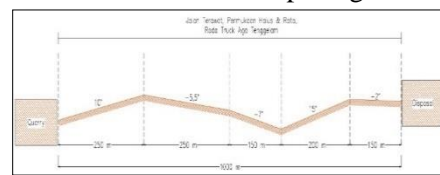
Gambar 4. Kondisi Jalur Disposal Girimukti

Berdasarkan gambar 4 diatas, kondisi jalur disposal girimukti adalah sebagai berikut:

- 400 meter jalan terawat, permukaan halus & rata, roda truck sedikit tenggelam.
- 350 meter jalan kurang terawat, permukaan lembek roda truck sedikit tenggelam.

3. Lokasi Disposal Alternatif 2

- a. Nama Lokasi : Disposal Focon
- b. Kapasitas disposal : 230,000 m³
- c. Jarak Disposal : 1000 meter
- f. Kondisi Jalur : Dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Jalur Disposal Focon

Berdasarkan gambar 5 diatas, kondisi jalur disposal focon adalah sebagai berikut:

- 1000 meter jalan terawat, permukaan halus & rata, roda truck aga tenggelam.

Waktu Siklus Hasil Pengamatan

1. Waktu Siklus *Excavator*

Jumlah sampel waktu siklus *excavator* pengamatan yaitu sebanyak 40 sampel yang dibagi menjadi 2 form dengan rata-rata waktu siklus yaitu 19.08 detik

2. Waktu Siklus *Dumptruck*

Jumlah sampel waktu siklus *dumptruck* pengamatan yaitu sebanyak 160 sampel yang dibagi menjadi 8 form dengan rata-rata waktu siklus yaitu 29.99 menit

3. Waktu Siklus *Bulldozer*

Jumlah sampel waktu siklus *bulldozer* pengamatan yaitu sebanyak 40 sampel yang dibagi menjadi 2 form dengan rata-rata waktu siklus yaitu 47.62 detik

Taksiran Produksi *Excavator*

Taksiran produksi *excavator* hasil perhitungan menggunakan rumus (3) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Taksiran Produksi *Excavator*

<i>Excavator</i>	Kapasitas <i>Bucket</i>	Taksiran Produksi
PC – 200	0.8 m ³	107.63 m ³ /jam
PC – 300	1.4 m ³	179.68 m ³ /jam

Berdasarkan tabel 3 diatas, didapat taksiran produksi *excavator* PC-200 sebesar 107.63 m³/jam dan taksiran produksi *excavator* PC-300 sebesar 179.68 m³/jam.

Taksiran Produksi *Dumptruck*

Taksiran produksi *dumptruck* hasil perhitungan menggunakan rumus (4) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Taksiran Produksi *Dumptruck*

<i>Dumptruck</i>	Lokasi <i>Disposal</i>	<i>Excavator</i> pengisi	Taksiran Produksi
Fm260JD	Nangtung	PC – 200	36.49 m ³ /jam
Fm260JD	Nangtung	PC – 300	41.35 m ³ /jam
Fm260JD	Focon	PC – 200	57.31 m ³ /jam
Fm260JD	Focon	PC – 300	70.55 m ³ /jam
Fm260JD	Girimukti	PC – 200	60.16 m ³ /jam
Fm260JD	Girimukti	PC – 300	74.92 m ³ /jam

Berdasarkan tabel 4 diatas, didapat taksiran produksi *dumptruck* Fm260JD dengan lokasi disposal nangtung dan *excavator* pengisi yaitu PC-200 sebesar 36.49 m³/jam, taksiran produksi *dumptruck* Fm260JD dengan lokasi disposal nangtung dan *excavator* pengisi yaitu PC-300 sebesar 41.35 m³/jam, taksiran produksi *dumptruck* Fm260JD dengan lokasi disposal focon dan *excavator* pengisi yaitu PC-200 sebesar 57.31 m³/jam, taksiran produksi *dumptruck* Fm260JD dengan lokasi disposal focon dan *excavator* pengisi yaitu PC-300 sebesar 70.55 m³/jam, taksiran produksi *dumptruck* Fm260JD dengan lokasi disposal girimukti dan *excavator* pengisi yaitu PC-200 sebesar 60.16 m³/jam, dan taksiran produksi *dumptruck* Fm260JD dengan lokasi disposal girimukti dan *excavator* pengisi yaitu PC-300 sebesar 74.92 m³/jam.

Taksiran Produksi *Bulldozer*

Taksiran produksi *bulldozer* hasil perhitungan menggunakan rumus (5) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Taksiran Produksi *bulldozer*

<i>Bulldozer</i>	Volume <i>Blade</i>	Taksiran Produksi
D6D	3.3 m ³	148.65 m ³ /jam
D65E	5.6 m ³	368.58 m ³ /jam

Berdasarkan tabel 5 diatas, didapat taksiran produksi *bulldozer* D6D sebesar 148.65 m³/jam dan taksiran produksi *bulldozer* D65E sebesar 368.58 m³/jam.

Kombinasi Peralatan PTM

Terdapat 18 kombinasi alternatif peralatan PTM yang dibuat berdasarkan data yang didapat dengan lokasi disposal, waktu kerja, jumlah alat, dan jenis alat yang berbeda dengan kondisi eksisting. Kombinasi eksisting dan alternatif dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Kombinasi Peralatan PTM

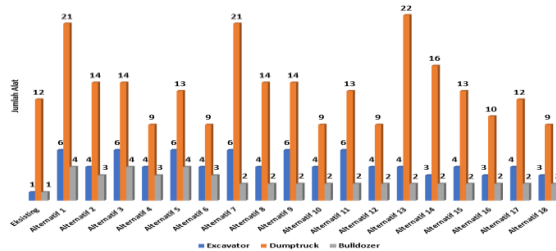
Kombinasi Alat	Jenis Alat	Lokasi Disposal	Waktu Kerja
Eksisting	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Nangtung	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 1	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Nangtung	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 2	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Nangtung	Lembur
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 3	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Focon	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 4	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Focon	Lembur
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 5	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Girimukti	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 6	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Girimukti	Lembur
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> CAT D6D		
Alternatif 7	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Nangtung	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E		
Alternatif 8	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Nangtung	Lembur
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E		
Alternatif 9	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Focon	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E		
Alternatif 10	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Focon	Lembur
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E		
Alternatif 11	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Girimukti	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E		
Alternatif 12	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	Girimukti	Lembur
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E		
Alternatif 13	<i>Excavator</i> Komatsu PC300	Nangtung	Normal
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		

Kombinasi Alat	Jenis Alat	Lokasi Disposol	Waktu Kerja
Alternatif 14	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E	Nangtung	Lembur
	<i>Excavator</i> Komatsu PC300		
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
Alternatif 15	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E	Focon	Normal
	<i>Excavator</i> Komatsu PC300		
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
Alternatif 16	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E	Focon	Lembur
	<i>Excavator</i> Komatsu PC300		
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
Alternatif 17	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E	Girimukti	Normal
	<i>Excavator</i> Komatsu PC300		
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		
Alternatif 18	<i>Bulldozer</i> Komatsu D65E	Girimukti	Lembur
	<i>Excavator</i> Komatsu PC300		
	<i>Dumptruck</i> Hino fm260JD		

Berdasarkan tabel 6 diatas, didapat 18 kombinasi peralatan PTM berdasarkan jenis alat, lokasi disposal, dan waktu kerja.

Jumlah Peralatan PTM

Dari hasil analisis produktivitas dan waktu siklus alat, selanjutnya dilakukan analisis jumlah peralatan PTM, jumlah peralatan PTM masing-masing kombinasi dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

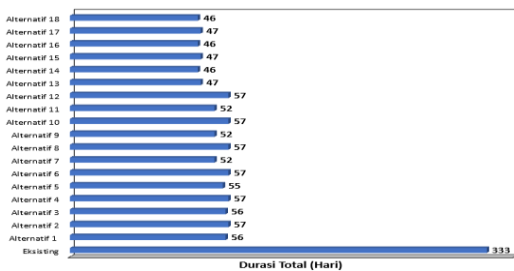


Gambar 6. Grafik Jumlah Peralatan PTM

Dari gambar 6 diatas, setelah dilakukan analisis diketahui masing-masing kombinasi memiliki jumlah alat yang berbeda-beda.

Total Durasi Penggunaan Peralatan PTM

Dari hasil analisis, durasi total penggunaan peralatan PTM masing-masing kombinasi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



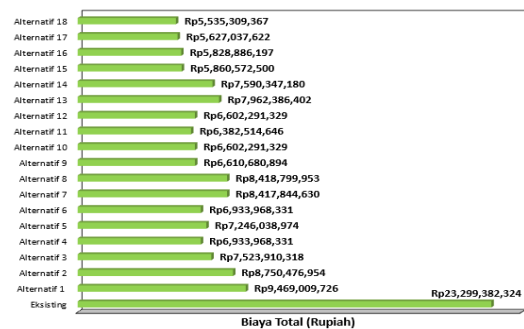
Gambar 7. Grafik Durasi Total Penggunaan Peralatan PTM

Dari gambar 7 diatas, diketahui kombinasi peralatan PTM eksisting dengan lokasi

disopsal yaitu Nangtung, waktu kerja normal dan jumlah alat *Excavator PC200* 1 unit, *Dumptruck fm260JD* 12 unit dan *Bulldozer D6D* 1 unit dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah dengan durasi total 333 hari. Setelah dilakukan optimasi dengan menggunakan 18 kombinasi alternatif, didapat bahwa kombinasi alternatif 14, alternatif 16, dan alternatif 18 merupakan kombinasi dengan total durasi tercepat yaitu dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah selama 46 hari.

Total Biaya Penggunaan Peralatan PTM

Biaya Total penggunaan peralatan PTM masing-masing kombinasi dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik Biaya Total Penggunaan Peralatan PTM

Dari gambar 8 diatas, diketahui kombinasi peralatan PTM eksisting dengan lokasi disopsal yaitu Nangtung dan waktu kerja normal serta jumlah alat *Excavator PC200* 1 unit, *Dumptruck fm260JD* 12 unit dan *Bulldozer D6D* 1 unit dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah dengan potensi total biaya yang akan terjadi sebesar Rp 23,299,382,324. Setelah dilakukan optimasi dengan menggunakan 18 kombinasi alternatif, didapat bahwa kombinasi alternatif 18 dengan lokasi disposal yaitu Girimukti, waktu kerja lembur, dan jumlah alat *Excavator PC300* 3 unit, *Dumptruck fm260JD* 9 unit, dan *Bulldozer D65E* 2 unit merupakan kombinasi dengan total biaya terkecil yaitu dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah dengan estimasi total biaya sebesar Rp 5,535,309,367.

Pembahasan

Dari analisis yang dilakukan, didapat perbandingan kombinasi eksisting dan kombinasi alternatif pilihan seperti tampak pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7, didapat bahwa kombinasi alternatif pilihan (alternatif 18) dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah lebih cepat 287 hari dari kondisi eksisting. Dan kombinasi alternatif pilihan dapat menyelesaikan pekerjaan gali dan buang tanah dengan biaya yang lebih kecil Rp 17,764,072,958 atau turun 76.24% dari kondisi eksisting.

Oleh karena itu untuk pihak kontraktor disarankan untuk menggunakan kombinasi alternatif 18 sebagai kombinasi peralatan PTM pada pekerjaan gali dan buang tanah agar pekerjaan tersebut dapat selesai pada waktu yang telah ditentukan dan biaya yang dikeluarkan tidak melebihi RAB yang telah di rencanakan.

Tabel 7 Kondisi Kombinasi Eksisting dan Kombinasi Alternatif Pilihan

	Kombinasi Eksisting (Yang ada di lapangan)	Kombinasi Alternatif Pilihan (Alternatif 18)
Jumlah dan Spesifikasi Alat	1 Unit <i>Excavator PC200</i> 12 Unit <i>Dumptruck Fm20JD</i> 1 Unit <i>Bulldozer D6D</i>	3 Unit <i>Excavator PC300</i> 9 Unit <i>Dumptruck Fm20JD</i> 2 Unit <i>Bulldozer D65E</i>
Lokasi Disposasi	Nangtung	Girimukti
Waktu Kerja	Normal	Lembur
Total Durasi	333 Hari	46 Hari
Total Biaya	Rp 23,299,382,324	Rp 5,535,309,367

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis peralatan PTM pada pekerjaan gali dan buang tanah proyek pembangunan Jalan Tol Cisumdawu Phase II, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. 1) Dari hasil analisis yang dilakukan terdapat 18 kombinasi alternatif dengan lokasi disposasi, waktu kerja, jumlah alat, dan jenis alat yang berbeda dengan eksisting. 2) Setelah dilakukan analisis waktu didapat kombinasi paling optimal yaitu kombinasi alternatif 14, alternatif 16, dan alternatif 18 dengan waktu penggunaan peralatan PTM selama 46 hari atau lebih cepat 287 hari dari kombinasi eksisting.

3) Setelah dilakukan analisis biaya didapat kombinasi paling optimal yaitu kombinasi alternatif 18 dengan biaya penggunaan peralatan PTM sebesar Rp5,535,309,367 atau berkurang 76.24% dari kombinasi eksisting.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dwiyanto, Priyono, E.Y., Pranoto, S., 2009, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Semarang, Universitas Diponegoro.
- Fatena, Susy, 2008, *Manajemen Alat Berat untuk Konstruksi*, Jakarta, Rineka Cipta.
- Kalengkongan, B.B., 2020. *Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower Sutet Likupang-Paniki*. *Jurnal Sipil Statik*, vol.8, no.1, hh. 99-106.
- Kementerian PUPR, 2016 *Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, Indonesia.
- Kholil, Ahmad, 2012, *Alat Berat*, Bandung, Remaja Rosdakarya.
- Kursin, 2008, *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*, Semarang, Universitas Semarang.
- Purwanto, T., Wiranto, P., & Lukman, H., 2016, *Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Laratlamdesar Provinsi Maluku*, *Jurnal Online Mahasiswa Universitas Pakuan*, vol.1, no.1.
- Ramadhani, A., Hasyim, M.H., & Harimurti, 2017, *Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Di Proyek Tol Nganjuk - Kertosono*, *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, vol.1, no.2, hh. 1362-1370.
- Shinta, A.C., Harimurti, & Hasyim, M.H., 2017, *Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Tol Pandaan - Malang*, *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, vol.1, no.2, hh. 1371-1378.
- Tenrisuki, Andi, 2003, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jakarta, Universitas Gunadarma.
- Tim Prima Pena, 2015, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBI)* hh. 562, Jakarta, Gita Media Press.
- Thayeb, M.A., 2015, *Perencanaan Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Pembangunan Packing Plant PT Semen Indonesia Di Balikpapan*, Thesis, Teknik Sipil, Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Turalaki, S.S., Tjakra, J., & Inkiriwang, R.L., 2018,
Optimalisasi Penggunaan Alat Berat
Terhadap Biaya Pekerjaan Cut & Fill Proyek

Perumah, *Jurnal Sipil Statik*, vol.6, no.6, hh.
431-440