

ANALISIS PRODUKTIVITAS KOMBINASI ALAT BERAT GALIAN TERHADAP BIAYA DAN WAKTU (STA. P.09/0+401 – STA. P.17/0+800)

Yanuar Suryo Bismoko¹, Adityawan Sigit²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

E-mail : bismo.yanuar@gmail.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

E-mail: adityawan.sigit@uii.ac.id

Abstract: *Each development consists of various kinds of work. One of them is land excavation work. In the construction of a underpass Kentungan, the work of excavating land is a fairly large job and is in dire need of heavy equipment, where the heavy equipment will help humans in work that cannot be done manually. In addition, with the availability of heavy equipment, the duration of the work can be completed more quickly, considering that this construction project is at an intersection that has a high vehicle flow density. In the Kentungan underpass construction project, the heavy equipment used in the earth excavation work is excavators and dump trucks. The two devices work together to dispose of the land with a volume of 38518.3828 m³. Through direct observation data, there is a queue of dump trucks waiting for the excavator to load the land. The queue affects the productivity of dump trucks, and results in inefficiencies in operating costs and work time. The combination of machines can be adjusted to its production capacity per hour. So that the correlation between the two machines can be maximized. From the results of several alternative calculations of combined heavy equipment analysis, the conclusions obtained from the calculation of alternative 3 have an efficient correlation compared to other alternative calculations. From the results of the calculation of alternative 3 we used heavy equipment in the form of 2 units of Komatsu PC 200-8 excavators and 56 units of dump trucks for excavation I and 2 units of CAT306E2 excavators and 17 dump trucks for excavation II, with a cost difference of -8.13%, namely amounting to Rp 109,171,226 and with a time difference of -30.85% or 121 days. This alternative calculation also calculates the field / project area conditions, because of the limited movement of each machine.*

Keywords: *Excavator, Dump Truck, Combination of Heavy Equipment*

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar pembangunan membutuhkan alat berat. Alat berat adalah faktor penting dalam konstruksi, yang bertujuan untuk memudahkan pekerjaan yang tidak bisa dikerjakan secara manual dan dengan skala yang besar sehingga berpengaruh pada optimalisasi waktu dan efisiensi biaya. Tetapi penggunaan alat berat yang kurang tepat dimana tidak sesuai

dengan situasi dan kondisi di lapangan akan berpengaruh buruk pada kinerja dan hasil kerja. Kondisi medan yang buruk juga akan berdampak pada waktu siklus alat berat tersebut sehingga berpengaruh terhadap produktivitas. Jauh dekatnya jarak yang akan ditempuh juga akan mempengaruhi efisiensi kerja. Alat berat juga mempunyai beberapa tipe. Antara satu tipe ke tipe yang lain memiliki perbedaan kapasitas dan juga harga

sewa yang berbeda. Semakin besar kapasitas alat berat, semakin mahal harga sewa yang ditawarkan..

Analisa produktivitas merupakan penelitian untuk mengetahui kapasitas produksi yang dihasilkan dari masing-masing alat berat. Hal lain yang harus diperhatikan adalah waktu siklus alat berat, dimana hal tersebut akan menentukan produktivitas masing-masing alat berat. Menentukan jumlah dan tipe alat berat yang digunakan juga perlu dilakukan karena masing-masing alat berat memiliki kapasitas yang berbeda. Kombinasi alat berat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi yang sebenarnya di lapangan. Dengan mengetahui produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan tahap selanjutnya adalah mengkaji kombinasi alat berat.

Pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan Yogyakarta, alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian tanah adalah *excavator* dan *dump truck*. Dari pengamatan awal terlihat alat berat yang digunakan berupa satu unit *excavator* kapasitas 1 m³ dan satu unit *excavator* kapasitas 0,25 m³ yang bekerja untuk menggali sekaligus memuat ke *dump truck* hingga menyebabkan banyak *dump truck* yang mengantri untuk proses *loading*. Hal tersebut mempengaruhi waktu kerja produktif dari *dump truck* dan biaya sewa alat tersebut. Dari kasus tersebut maka perlu dikaji ulang dalam menentukan kombinasi alat berat, sehingga pekerjaan *underpass* dapat cepat diselesaikan, mengingat proyek pembangunan tersebut berada di persimpangan yang memiliki arus kepadatan kendaraan yang tinggi.

1.1 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan kombinasi alat berat yang tepat sehingga tidak terjadi antrian *dump truck* pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan.
2. Mengetahui biaya langsung (*existing*) dan durasi pekerjaan yang dibandingkan dengan analisis kombinasi alat berat yang diperoleh.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pekerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Istilah alat berat yang digunakan dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan yang bertujuan untuk membantu manusia dalam melaksanakan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting didalam proyek, terutama pada proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Penggunaan alat-alat berat tersebut bertujuan untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat (Rochmanhadi, 1986).

Wilopo (2009) menyatakan bahwa, keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam penggunaan alat berat antara lain.

1. Ekonomis, karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.

2. Waktu pengerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
3. Tenaga besar, melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
4. Mutu hasil kerja baik, dengan menggunakan alat berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

2.2 Sifat-Sifat Tanah

Sebelum pelaksanaan pekerjaan tanah, perlu diketahui sifat dari tanah yang akan diolah. Pekerjaan tanah yang berhubungan dengan pemindahan, pembuangan dan penempatan akan merubah sifat-sifat tanah tersebut karena mengalami perubahan dalam volume dan kepadatannya. Berikut adalah kondisi tanah yang mempengaruhi volume :

1. Keadaan Asli (*In situ*)
Adalah keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (digali, dipindahkan, dipadatkan, dll)
2. Keadaan Gembur (*Loose*)
Adalah material yang telah digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara diantara butiran-butiran material.
3. Keadaan Padat (*Compact*)
Suatu kondisi dimana material mengalami proses pemadatan, dimana akan menyusutnya volume tanah. Perubahan volume tersebut terjadi karena hilangnya rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut.

Tabel 1 Sifat-sifat beberapa macam tanah

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan diolah		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	(A)	1,00	1,11	0,95
	(B)	0,90	1,00	0,86
	(C)	1,05	1,17	1,00
Tanah biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Tanah liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah campur kerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,03
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil kasar	(A)	1,00	1,42	1,29
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan cadas/Batuan keras	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,10	1,00
Pecahan granit	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	1,00
Pecahan batu	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Batuan hasil peledakan	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Sumber : Haryanto dan Hendra (1998)

Sifat-sifat tanah seperti tersebut diatas dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut, karena bila tanah dipindahkan dari tempat aslinya, maka akan terjadi perubahan isi dan kepadatannya dari keadaan yang asli.

2.3 Metode Perhitungan Produktivitas Alat Berat

1. Kapasitas Produksi Excavator

Kapasitas produksi alat berat Excavator pada umumnya dinyatakan dalam satuan m³ per jam. Kapasitas produksi alat dinyatakan dalam rumus berikut (Rochmanhadi, 1986).

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm}$$

Dimana :

Q = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu Siklus

Rochmanhadi (1986) merumuskan kapasitas *bucket excavator* (q) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = q' \times K$$

Dimana :

q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat

K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

2.3.1 Kapasitas Produksi Dump Truck

Untuk menghitung produksi (Q) *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_m}$$

Dimana :

Q = Produksi per jam (m³/jam)

C = Kapasitas rata-rata *dump truck*

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus pemuat dalam menit

Waktu siklus (C_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2$$

Nilai (n) dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$n = \frac{C}{q' \times K}$$

Dimana :

n = Jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat truck

C = Kapasitas rata-rata *dump truck*

q' = Kapasitas bucket pemuat

K = Faktor bucket pemuat

C_{ms} = Waktu siklus pemuat

D = Jarak tempuh *dump truck*

V₁ = Kecepatan *dump truck* muat

V₂ = Kecepatan *dump truck* kosong

t₁ = Waktu buang, standby

t₂ = Waktu posisi pengisian

Waktu siklus (C_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$C_m = \text{Waktu gali} + (\text{Waktu putar} \times 2) + \text{Waktu buang}$$

Tabel 2 Waktu Gali

Kondisi Gali/ Kedalaman Gali	Ringan	Rata-rata	Agak Sulit	Sulit
0 m - 2 m	6	9	15	26
2 m - 4 m	7	11	17	28
4 m - lebih	8	13	19	30

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Tabel 3 Waktu Putar

Sudut Putar	Waktu Putar
45° - 90°	4 - 7
90 - 180°	5 - 8

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Tabel 4 Waktu Buang

Kondisi Buang	Waktu Buang
Ke dalam <i>dumptruck</i>	5 - 8
Ke tempat pembuangan	3 - 6

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Tabel 5 Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,47	0,32

Sumber : Rochmanhadi (1986)

2. Kapasitas Produksi Dump Truck

Untuk menghitung produksi (Q) *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm}$$

Dimana :

Q = Produksi per jam (m³/jam)

C = Kapasitas rata-rata *dump truck*

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus pemuat dalam menit

Waktu siklus (Cm) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$Cm = n \times Cm + \frac{D}{V1} + \frac{D}{V2} + t_1 + t_2$$

Nilai (n) dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$n = \frac{C}{q' \times K}$$

Dimana :

n = Jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat

C = Kapasitas rata-rata *dump truck*

q' = Kapasitas bucket pemuat

K = Faktor bucket pemuat

Cms = Waktu siklus pemuat

D = Jarak tempuh *dump truck*

V1 = Kecepatan *dump truck* muat

V2 = Kecepatan *dump truck* kosong

t₁ = Waktu buang, standby

t₂ = Waktu posisi pengisian

Secara umum jumlah alat dapat dihitung dengan persamaan :

Jumlah Alat =

$$\frac{\text{Produksi Alat yang Paling Berpengaruh}}{\text{Produksi yang dicari}}$$

3. Metode Penelitian

1. Pengumpulan Data

Data merupakan informasi penting yang harus dimiliki sebelum melakukan penelitian. Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara survey atau observasi langsung ke lapangan. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam, yaitu :

1. Data Primer

Dalam penelitian ini data primer yang diperoleh melalui wawancara narasumber dan survei lapangan untuk pengamatan. Data yang dibutuhkan yaitu data-data yang mendukung dalam penelitian produktivitas alat berat, meliputi :

1. Data Lokasi

a. Gambar rencana kerja

2. Data Alat Berat, meliputi :

a. Jenis alat berat

b. Tipe alat berat

c. Jumlah alat berat

d. Harga sewa alat berat

3. Data Pekerjaan, meliputi :

a. Volume galian tanah

- b. Durasi pekerjaan
- c. Jarak pembuangan galian tanah ke quarry

- 5. Menghitung waktu pekerjaan dari kombinasi alat berat

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui pihak perantara, tidak diperoleh langsung oleh peneliti dari subjek penelitiannya (Azwar, 2004). Data sekunder bertujuan untuk menguatkan landasan teori dan informasi tambahan yang berkaitan dengan topik penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi :

- 1. Teori dan kinerja alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian dan timbunan tanah
- 2. Rumus perhitungan produktivitas alat berat

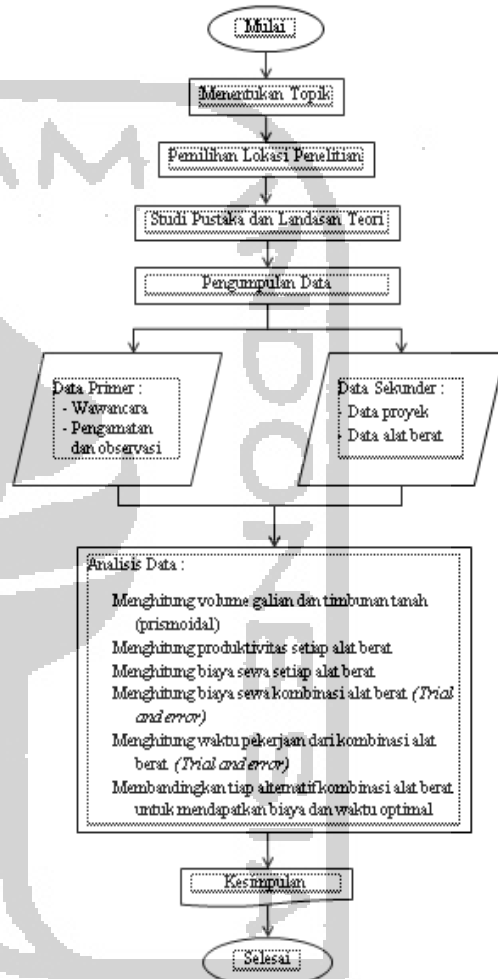
2. Analisis Data

Analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, dengan cara mengorganisasikan data ke dalam katagori, menjabarkan ke dalam unit-unit, memilih mana yang penting dan mana yang akan dipelajari, dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh sendiri maupun orang lain (Sugiyono, 2006). Hal-hal yang akan dianalisis dalam penelitian ini yaitu :

- 1. Menghitung volume galian tanah
- 2. Menghitung produktivitas setiap alat berat
- 3. Menghitung biaya sewa setiap alat berat
- 4. Menghitung biaya sewa dari kombinasi alat berat

3. Bagan Alir Penelitian

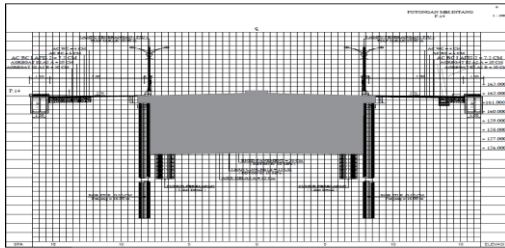
Tabel 6 Bagan Alir Penelitian



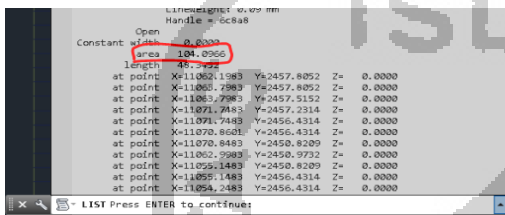
4. Analisis Data

4.1 Perhitungan Volume Galian Tanah

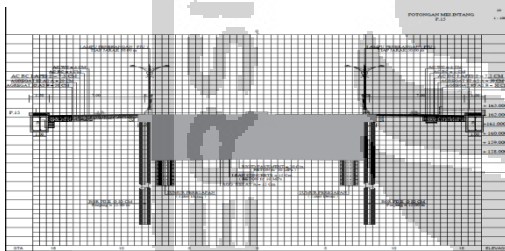
Dalam menghitung volume galian tanah digunakan metode *cross section* dan metode prismoida. Metode *cross section* diterapkan pada software AutoCad untuk mengetahui luas area penampang melintang (*cross section*) dan kemudian dapat menghitung volume galian tanah menggunakan metode prismoidal.



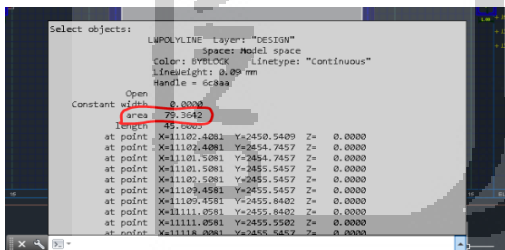
Gambar 1 Cross Section P.14 STA 0+700



Gambar 2 Luas Section P.14 STA 0+700



Gambar 3 Cross Section P.15 STA 0+700



Gambar 4 Luas Section P.15 0+700

Setelah mendapatkan dua luas area cross section, langkah selanjutnya adalah mencari volume galian tanah menggunakan metode prismoida. Berikut adalah salah satu contoh perhitungannya.

- $A_1 : 104,0966 \text{ m}^3$
- $A_2 : 79,3642 \text{ m}^3$
- $h : 50 \text{ m}$

$$V : \frac{h}{6} \times (A_1 + 4 \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) + A_2)$$

$$: \frac{50}{6} \times (104,0966 + 4 \left(\frac{104,0966 + 79,3642}{2} \right) + 79,3642)$$

$$: 4586,520 \text{ m}^3$$

Dimana,

- A_1 : Luas Cross Section 1
- A_2 : Luas Cross Section 2
- h : Jarak Section 1 ke Section 2
- V : Volume Galian Tanah

4.2 Perhitungan Analisis (*Existing*)

a. Pekerjaan Galian I

1. Excavator

Tipe Alat : Excavator: Komatsu PC 200

Volume Bucket (q) : 1 m^3

Kondisi Alat : Baik

Faktor Bucket : 0,8

Efisiensi Kerja : 0,75

Koefisien Tanah : 1,00

Waktu Gali : 6,24 detik

Waktu Putar Isi : 5,15 detik

Waktu Buang : 4,15 detik

Waktu Putar Kosong : 4,71 detik

Waktu Siklus (C_m) :

$$= \text{Waktu gali} + \text{Waktu putar isi} + \text{waktu buang} + \text{waktu utar kosong}$$

$$= 6,24 + 5,15 + 4,15 + 4,40$$

$$= 20,25 \text{ detik} = 0,34 \text{ menit}$$

$$\text{Produksi/siklus } (q) = q' \times K$$

$$= 1 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 1,00 = 0,8 \text{ m}^3$$

Produktivitas excavator per jam (Q)

$$(Q) = \frac{q \times 3600 \times E}{C_m}$$

$$= \frac{0,8 \times 3600 \times 0,75}{20,25}$$

$$= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam} = 853,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}$$

$$= \frac{12.470,2726 \text{ m}^3}{853,36 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 14,61 \approx 15 \text{ hari}$$

Biaya Sewa Alat = Rp. 4.600.000,00/hr

$$\times 15 \text{ hari} \times 1 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 69.000.000,00$$

2. Dump Truck

Merk/Tipe : Mitsubishi Fuso HD125FS

Kapasitas Angkut Bak(c): $7-9 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3$

Kapasitas Pemuat (q') : 1 m^3

Faktor Bucket Pemuat (K) : 0,8

Efisiensi Kerja (E) : 0,75

Jarak Angkut (D) : 21 km

Kecepatan muatan (V_1) : 24,40 km/jam

Kecepatan Kosong (V_2) : 34,00 km/jam

Waktu Buang (t_1) : 0,38 menit

Waktu Pemuatan (t_2) : 0,72 menit

Waktu Siklus Pemuat (Cms): 0,34 menit

Jumlah Dump Truck : 35 DT/hari

Jumlah siklus excavator untuk mengisi 1 dump truck (n)

$$(n) = \frac{c}{q' \times K}$$

$$= \frac{8 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3 \times 0,8}$$

$$= 10 \text{ siklus}$$

Produksi per siklus (C) = $n \times q' \times K$

$$= 10 \times 1 \text{ m}^3 \times 0,8 = 8 \text{ m}^3$$

Waktu Siklus (Cm)

$$= n \times \text{Cms} + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2$$

$$= 10 \times 0,34 + \frac{21000}{406,67} + \frac{21000}{566,67} + 0,38 + 0,72$$

$$= 93,20 \text{ menit} \approx 1,55 \text{ jam}$$

Produktivitas per jam (m^3/jam)

$$Q = \frac{c \times 60 \times E}{cm}$$

$$= \frac{8 \times 60 \times 0,75}{93,20}$$

$$= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu kerja dump truck :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}}$$

$$= \frac{12.470,2726 \text{ m}^3}{35 \times 30,88}$$

$$= 11,53 \text{ hari} \approx 12 \text{ hari}$$

Karena dump truck dan excavator bekerja bersamaan maka waktu kerja dump truck menyesuaikan waktu kerja excavator selama 15 hari

Biaya Sewa Alat = Rp. 700.000,00/hari $\times 15 \text{ hari} \times 35 \text{ unit}$

$$= \text{Rp. } 367.500.000,00$$

3. Optimalisasi Alat Berat

Kebutuhan dump truck agar efisien dalam kombinasi produktivitas kedua alat tersebut:

Jumlah Dump Truck :

$$= \frac{\text{Produktivitas Excavator per jam}}{\text{Produktivitas Dump Truck per jam}}$$

$$= \frac{106,67 \text{ m}^3/\text{jam}}{3,86 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 27,63 \text{ unit} = 28 \text{ unit}$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian

1. = sewa excavator + sewa dump truck

$$= \text{Rp. } 69.000.000 + \text{Rp. } 367.500.000$$

$$= \text{Rp. } 436.500.000,00$$

b. Pekerjaan Galian II

1. Excavator

Tipe Alat : Caterpillar CAT 306E2

Waktu Gali : 5,34 detik

Waktu Putar Isi : 4,85 detik

Waktu Buang : 3,85 detik

Waktu Putar Kosong : 4,01 detik

Waktu Siklus (Cms) :

$$= \text{Waktu gali} + \text{waktu putar isi} + \text{waktu buang} + \text{waktu putar kosong}$$

$$= 5,34 + 4,85 + 3,85 + 4,01$$

$$= 18,05 \text{ detik} = 0,3 \text{ menit}$$

Produksi/siklus (q)

$$= q' \times K$$

$$= 0,25 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 1,00 = 0,2 \text{ m}^3$$

Produktivitas excavator per jam (Q)

$$(Q) = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm}$$

$$= \frac{0,2 \times 3600 \times 0,75}{30 \times 60}$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{jam} = 240 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}$$

$$= \frac{14.768,72 \text{ m}^3}{240 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 61,53 \approx 62 \text{ hari}$$

Biaya Sewa Alat :

$$= \text{Rp. } 2.200.000,00/\text{hari} \times 62 \text{ hari} \times 1 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 136.400.000,00 -$$

2. Dump Truck

Kecepatan muat (V_1) : 24,60 km/jam

Kecepatan Kosong (V_2) : 33,40 km/jam

Waktu Buang (t_1) : 0,38 menit

Waktu Tunggu (t_2) : 0,72 menit

Waktu Siklus Pemuat (Cms) : 0,3 menit

Jumlah Dump Truck : 12 unit

Jumlah siklus excavator untuk mengisi 1 dump truck (n)

$$(n) = \frac{c}{q' \times K}$$

$$= \frac{8 \text{ m}^3}{0,25 \text{ m}^3 \times 0,8}$$

$$= 40 \text{ siklus}$$

Produksi per siklus (C)

$$= n \times q' \times K$$

$$= 40 \times 0,25 \text{ m}^3 \times 0,8 = 8 \text{ m}^3$$

Waktu Siklus (Cm)

$$= n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2$$

$$= 40 \times 0,3 + \frac{21000}{410} + \frac{21000}{556,67} + 0,38 + 0,72$$

$$= 102,04 \text{ menit} \approx 1,7 \text{ jam}$$

Produktivitas per jam (m^3/jam)

$$Q = \frac{c \times 60 \times E}{Cm}$$

$$= \frac{8 \times 60 \times 0,75}{102,04} = 3,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu kerja dump truck :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}}$$

$$= \frac{14768,72 \text{ m}^3}{12 \times 30,88}$$

$$= 39,85 \text{ hari} \approx 40 \text{ hari}$$

Karena dump truck dan excavator bekerja bersamaan maka waktu kerja dump truck menyesuaikan waktu kerja excavator selama 62 hari

Biaya Sewa Alat

$$= \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 62 \text{ hari} \times 12 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 520.800.000,00 -$$

3. Optimalisasi Alat Berat

Kebutuhan dump truck agar efisien dalam kombinasi produktivitas kedua alat tersebut:

Jumlah Dump Truck

$$= \frac{\text{Produktivitas Excavator per jam}}{\text{Produktivitas Dump Truck per jam}}$$

$$= \frac{30 \text{ m}^3/\text{jam}}{3,52 \text{ m}^3/\text{jam}} = 8,52 \text{ unit} = 9 \text{ unit}$$

Tabel 7 Perhitungan Kombinasi Alternatif 1

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator	3	5 hari	Rp69.000.000
	Dump Truck	83	5 hari	Rp290.500.000
Galian II	Excavator	2	31 hari	Rp136.400.000
	Dump Truck	17	31 hari	Rp368.900.000
TOTAL				Rp864.800.000

Tabel 8 Perhitungan Kombinasi Alternatif 2

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator	2	8 hari	Rp73.600.000
	Dump Truck	56	8 hari	Rp387.200.000
Galian II	Excavator	1	62 hari	Rp136.400.000
	Dump Truck	9	62 hari	Rp390.600.000
TOTAL				Rp987.800.000

Tabel 9 Perhitungan Kombinasi Alternatif 3

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator	2	8 hari	Rp73.600.000
	Dump Truck	56	8 hari	Rp387.200.000
Galian II	Excavator	2	31 hari	Rp136.400.000
	Dump Truck	17	31 hari	Rp368.900.000
TOTAL				Rp837.300.000

5. Pembahasan

Tabel 10 Perbandingan Existing dengan Alternatif

Ket.	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya	1.093.700.000	864.800.000	914.200.000	837.300.000
	100%	-20,92%	-16,41%	-23,44%
Waktu	77 hari	36 hari	70 hari	39 hari
	100%	-53,24%	-9,09%	-50,64%
Jenis Alat	G I	2 Exca 1 m ³	3 Exca 1 m ³	2 Exca 1 m ³
		35 DT	83 DT	56 DT
	G II	1 Exca 0,25 m ³	2 Exca 0,25 m ³	1 Exca 0,25 m ³
		12 DT	17 DT	9 DT

Mengacu pada perhitungan perbandingan kondisi existing dengan kondisi alternatif, jika diperoleh nilai negatif (-) maka durasi pekerjaan bisa diselesaikan lebih singkat dan biaya yang dikeluarkan lebih kecil, sedangkan jika diperoleh nilai positif (+), maka durasi pekerjaan diselesaikan lebih lama dan dengan biaya yang lebih besar

6. Kesimpulan

1. Dari perhitungan, analisis alternatif 3 yang menggunakan alat berat berupa 2 unit excavator kapasitas 1 m³ dan 56 dump truck untuk pekerjaan galian I serta 2 unit excavator kapasitas 0,25 m³ dan 17 dump truck untuk pekerjaan galian II diperoleh selisih biaya yang cukup signifikan sebesar Rp

256.400.000 dengan durasi pekerjaan selama 39 hari.

2. Durasi pekerjaan galian dapat diselesaikan berdasarkan produktivitas penggali nya per jam.

7. DAFTAR PUSTAKA

Rochmanhadi. 1986. *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Rostiyanti. S.F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi I*. Rineka Cipta, Jakarta

Wilopo, D. 2009. *Metode Konstruksi Dan Alat Berat*. Universitas Indonesia (UIPress). Jakarta

Rostiyanti. S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi II*. Rineka Cipta, Jakarta.

Wigromo, H. Y. dan Suryadharma, H. 1998. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.

Putra, D. H. 2018. *Analisis Produktivitas Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII*. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Novty, T. 2017. *Analisis Efisiensi Dump Truck Pada Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah*. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.