

# Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta

Fatin Nurul Aini <sup>a,1,\*</sup> Vendie Abma <sup>b,2,\*</sup>

<sup>a</sup> Program Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman (55581)

<sup>b</sup> Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman (55581)

<sup>1</sup> 19511207@students.uii.ac.id; <sup>2</sup> vendie.abma@uui.ac.id\*

\* Corresponding Author: vendie.abma@uui.ac.id

## ABSTRACT

Proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta Seksi 1 Paket 1.2 memerlukan alat berat untuk mempercepat konstruksi. Pemilihan alat yang tepat penting untuk memastikan optimasi operasional. Tujuan dari studi ini adalah mengukur produktivitas dan menentukan pemilihan kombinasi alat berat pada pekerjaan timbunan yang optimal dari segi biaya dan waktu. Alat berat yang digunakan mencakup excavator, dump truck, bulldozer, dan vibrator roller. Metode pengukuran produktivitas alat berat dilakukan dengan pendekatan time study. Pengukuran dilakukan dengan melakukan pengamatan pada masing-masing alat berat. Hasil didapat nilai produktivitas rerata excavator adalah 117,605 m<sup>3</sup>/jam, dump truck 8,154 m<sup>3</sup>/jam untuk, bulldozer 163,759 m<sup>3</sup>/jam, dan vibrator roller 184,185 m<sup>3</sup>/jam. Kombinasi alat dalam kondisi awal memerlukan waktu 75 hari dengan biaya Rp 6.619.854.444. Hasil analisis didapatkan pilihan alternatif kombinasi penggunaan alat berat digunakan 4 excavator Hyundai HX 300SL, 58 dump truck, 3 bulldozer Komatsu DZ 602, dan 3 vibrator roller, yang dapat menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 48 hari dengan total anggaran biaya Rp 6.218.699.508. Alternatif pilihan kombinasi ini lebih cepat dari sisi waktu pekerjaan dan lebih hemat dibandingkan kombinasi penggunaan alat berat kondisi awal.

## ABSTRACT

The construction of the Solo-Yogyakarta-NYA Kulon Progo Toll Road, specifically Section 1 Package 1.2, requires the utilisation of heavy equipment to expedite the construction process. It is of paramount importance to select the appropriate equipment to ensure optimal operational efficiency. The objective of this study is to evaluate the productivity of the selected heavy equipment combination for embankment work and to determine the optimal choice in terms of cost and time. The heavy equipment employed productivity comprises of excavators, dump trucks, bulldozers and roller vibrators based on the time study approach. The measurements are conducted through direct observation of each piece of heavy equipment. The results demonstrate that the mean productivity output for excavators is 117,605 m<sup>3</sup>/hour, for dump trucks 8,154 m<sup>3</sup>/hour, for bulldozers 163,759 m<sup>3</sup>/hour, and for roller vibrators 184,185 m<sup>3</sup>/hour. The initial combination of equipment requires 75 days and incurs a cost of IDR 6,619,854,444. The results of the analysis indicated that an alternative configuration of heavy equipment, comprising four Hyundai excavators, 58 dump trucks, three Komatsu bulldozers, and three roller vibrators, could complete the work within 48 days with a total budget of IDR 6,218,699,508. The alternative combination option is less time-consuming and more cost-effective than the existing combination of heavy equipment.



## KATA KUNCI

produktivitas,  
alat berat,  
kombinasi,  
excavator,  
dump truck,  
bulldozer,  
vibrator roller

## KATA KUNCI

productivity  
heavy equipment  
excavator  
dump truck  
bulldozer  
vibrator roller

## 1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur terus mengalami perkembangan yang pesat khususnya di Pulau Jawa. Hal ini disebabkan karena meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap akses, transportasi, maupun mobilisasi dan salah satu upaya pemerintah dalam meningkatkan perekonomian.

Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta merupakan salah satu proyek strategis guna memenuhi kebutuhan tersebut. Dalam proyek pembangunan jalan tol Solo-Yogyakarta pada seksi 1, paket 1.2 ini, bantuan alat berat merupakan pendukung utama untuk mempercepat pekerjaan pembangunan konstruksi. Terutama pada pekerjaan tanah yang meliputi galian, pemindahan, dan timbunan tanah sangat membutuhkan alat berat untuk mempercepat waktu [1]. Umumnya setiap pekerjaan pembangunan dalam bidang konstruksi selalu berkaitan dengan masalah tanah [2]. Alat berat yang digunakan di proyek jalan pada pekerjaan timbunan yaitu *excavator*, *dump truck*, dan *vibrator roller* [3].

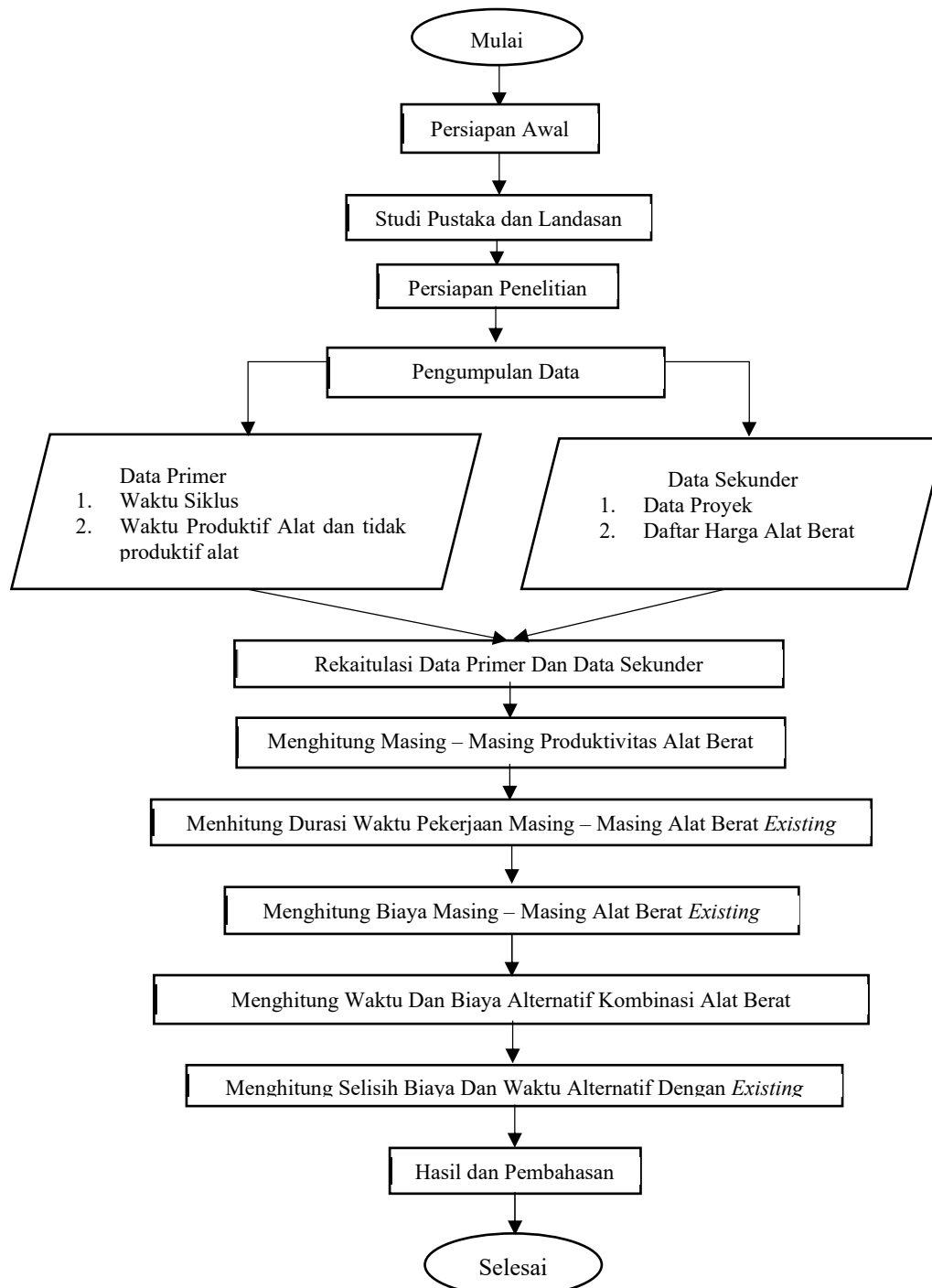
Produktivitas alat berat didalam dunia konstruksi merupakan faktor mendasar yang dapat membantu kontraktor memperbaiki perencanaan jadwal proyek, menentukan durasi setiap pekerjaan dan berapa banyak alat berat yang diperlukan [4]. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat, jenis dan tipe alat berat yang digunakan dalam suatu proyek, dan dipengaruhi volume pekerjaan yang akan dilakukan [5]. Banyak permasalahan yang muncul dalam penggunaan alat berat seperti, pengoperasian yang tidak tepat dan kombinasi alat berat yang tidak sesuai dengan kondisi alat. Kombinasi alat berat menentukan optimalisasi dalam pengoperasian jumlah alat berat yang akan dipakai. Salah satunya pada pekerjaan timbunan yang membutuhkan beberapa kombinasi alat berat untuk menyelesaikannya sehingga dibutuhkan data produktivitas pada masing-masing alat berat tersebut [6]. Pemilihan alat berat bisa dilihat dari *time schedule* yang terdapat urutan pengerjaan dan ada item yang akan dikerjakan, sehingga kita dapat mengetahui alat apa yang digunakan [7]. Pemilihan alat berat yang tepat memegang peranan yang paling penting. Peralatan dianggap memiliki kapasitas tinggi bila peralatan tersebut menghasilkan produktivitas yang tinggi tetapi dengan biaya yang rendah.. Untuk meningkatkan produktivitas alat berat secara efektif dan efisien, dilakukan analisis produktivitas dengan menggunakan teknik pengukuran seperti *time study*. Metode *time study* merupakan salah satu teknik dalam mengumpulkan data berdasarkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, dan digunakan untuk menentukan waktu standar dari pekerjaan tersebut[9].

Studi ini mengkaji metode untuk memperoleh produktivitas serta menentukan kombinasi *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, dan *vibrator roller* yang digunakan di lapangan pada proyek. Kebutuhan peralatan mencakup jumlah peralatan yang diperlukan untuk setiap jenis pekerjaan agar dapat beroperasi secara efektif sesuai dengan jumlah jam kerja yang tersedia dan menghasilkan volume pekerjaan yang sesuai dengan uraian yang ada [5]. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat produktivitas alat berat yang digunakan dalam proses pekerjaan timbunan. Selain itu, studi ini bertujuan untuk mencari alternatif kombinasi penggunaan alat berat yang paling optimal, dengan mempertimbangkan faktor waktu dan biaya. Dengan demikian, diharapkan hasil studi ini dapat memberikan rekomendasi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pelaksanaan pekerjaan timbunan.

## 2. Metode

Studi ini menggunakan cara pengukuran secara langsung yaitu dengan mengamati secara langsung pekerjaan yang dilakukan oleh operator dan mencatat waktu yang diperlukan. Konsep pendekatan yang digunakan dalam studi ini menggunakan metode *time study*, yaitu teknik pengukuran pekerjaan dengan cara pengumpulan data berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Metode ini dipilih karena memberikan data yang objektif dan terukur tentang waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas atau proses. Selain itu metode ini dapat membantu dalam mengidentifikasi bagian-bagian proses yang tidak efisien atau memerlukan perbaikan, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam meningkatkan produktivitas. Metode *time study* digunakan untuk mengitung nilai *standard time* suatu pekerjaan [4], [9]. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap pemakai alat berat yang akan digunakan, sehingga dapat dihasilkan alternatif kombinasi penggunaan alat berat. Analisis dilakukan pada proyek pembangunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta Seksi 1 Paket 1.2 tepatnya pada Sta 22+300- Sta 42+300. Alokasi, penjadwalan, dan pemilihan peralatan untuk setiap jenis pekerjaan sangat penting agar kemampuan operasinya bisa optimal dan saling menunjang terhadap peralatan lainnya mengingat bahwa alat berat mempunyai kontribusi cukup dominan pada proyek tersebut, maka sangat

diperlukan tindakan efisiensi. Studi ini dimaksudkan untuk menganalisa alokasi alat berat dan penjadwalan. Pengamatan dilakukan dengan menghitung kapasitas produksi dan efisiensi kerja setiap alat berat. Hasil data yang diperoleh dari hasil penyelidikan dan survey, kemudian menghitung dan menganalisis obyek yang akan diteliti dalam proyek dan melakukan pembahasan, kemudian memberikan hasil dan kesimpulan. Metode dalam studi ini secara umum dapat dilihat pada bagan alir berikut.



**Gambar 1.** Bagan alir metode penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Produktivitas Alat Berat

Perhitungan produktivitas alat berat didapatkan dari data-data pengamatan meliputi waktu siklus, faktor bucket dan faktor blade, serta efisiensi kerja. Pada studi kasus proyek ini digunakan beberapa alat berat diantaranya terdapat excavator, dumptruck, bulldozer, dan vibrator roller. Perhitungan nilai-nilai produktivitas alat berat sebagai berikut.

#### 3.1.1 Analisis Produktivitas *Excavator*

Analisis Produktivitas *Excavator* Hyundai HX 300Ls

Produktivitas excavator didapat dari hasil pengamatan selama 5 hari dengan metode *time study*, didapatkan sail pengamatan sebagai berikut.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Waktu Siklus Hyundai Hx 300sl

Waktu pengamatan	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	17,680	4,507	6,02	4,127	32,337
Hari Ke-2	18,411	4,670	4,801	3,824	32,958
Hari ke-3	19,157	5,410	4,623	3,769	32,958
Hari ke-4	17,68	5,003	4,850	4.680	32,616
Hari ke-5	19,6978	5,231	4,3678	3,762	33,059

Diketahui beberapa parameter hasil pengamatan dilapangan diantaranya:

$$\begin{aligned} \text{Faktor bucket} &= 1,27 \text{ m}^3 \\ q &= 1,286 \text{ (m}^3/\text{jam)} \\ C_t &= 32,337 \text{ detik} \\ E &= 0,877 \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan hasil produktivitas *excavator* sebesar:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{C_t} \\ &= \frac{1,286 \times 0,877 \times 3600}{32,337} \\ &= 125,512 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan jenis *Excavator* Hyundai Hx 300Sl dapat dilihat pada tabel 2. sebagai berikut.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Hyundai Hx 300sl

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas ( $\frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$ )
<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300sl	Hari Ke-1	125,512
	Hari Ke-2	127,081
	Hari ke-3	123,202
	Hari ke-4	124,494
	Hrari ke-5	123,501
Rata - Rata Produktivitas		124,754

Pada studi kasus proyek ini digunakan 3 jenis *excavator* dan dengan metode yang sama didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel 3. sebagai berikut.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas *Excavator*

Jenis Alat Berat	Produktivitas $m^3/jam$
Hyundai Hx 300sl	124,754
Komatsu Pc 200	107,930
Doosan Dx 300ca	120,126

### 3.1.2 Analisis Produktivitas *Dump Truck*

Analisis Produktivitas *Dump truck* Isuzu Elf HD

Dari hasil pengamatan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4 berikut dengan kapasitas *dump truck* sebesar 7,128  $m^3$

**Tabel 4.** Rekapitulasi Waktu Siklus *Dump Truck* Isuzu Elf HD 7,128  $m^3$

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Muat <i>Excavator</i> (menit)	Waktu Angkut (menit)	Waktu Buang (menit)	Waktu Kembali (menit)	Waktu siklus (menit)
Hari Ke-1	1,246	26,889	0,510	20,889	49,534
Hari Ke-2	1,193	27	0,485	20,556	49,931
Hari ke-3	1,228	27,667	0,480	20,556	49,881
Hari ke-4	1,159	27,889	0,500	20,333	49,599
Hrari ke-5	1,231	26,714	0,510	21,143	49,599

Kapasitas *dump truck* (c) = 7,128  $m^3$   
Efisiensi kerja (E) = 0,876  
Faktor bak = 1,02  
Produksi persiklus = 7,772  $m^3/jam$   
Produktivitas dumptruk dapat dilihat sebagai berikut:

$$Q = \frac{C \times 60 \times E \times f}{C_{tm}}$$

$$= \frac{7,772 \times 60 \times 0,876}{52,533}$$

$$= 8,252 \text{ } m^3/jam$$

Hasil rekapitulasi perhitungan *dump truck* Isuzu Elf HD dapat dilihat pada Tabel 5. sebagai berikut.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Isuzu Elf Hd

Jenis <i>Dump truck</i>	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas ( $m^3/jam$ )
Isuzu Elf HD	Hari Ke-1	8,252
	Hari Ke-2	8,465
	Hari ke-3	8,347
	Hari ke-4	8,319
	Hrari ke-5	8,348
Rata - Rata Produktivitas		8,348

Hasil rekapitulasi perhitungan ke-3 jenis *dump truk* dapat dilihat pada Tabel 6. sebagai berikut.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas *Dump Truck*

Jenis <i>Dump truck</i>	Produktivitas ( $m^3/jam$ )
Isuzu Elf Hd	8,348
Mitsubishi	8,198
Toyota Hino	7,916

### 3.1.3 Analisis Produktivitas *Bulldozer*

Analisis Produktivitas *Bulldozer* Komatsu Dz 602 berdasarkan hasil pengukuran dilapangan sebagai berikut.

**Tabel 7.** Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus *Bulldozer* Dz 602

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Maju (detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/s)	Jarak Mundur (m)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/s)	Ganti perseneling (Detik)	Waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	38,472	25,333	0,658	25	35,023	0,716	0,3	74,278
Hari Ke-2	38,493	25	0,649	24,333	32,261	0,754	0,23	70,977
Hari ke-3	35,85	23	0,641	22,444	30,539	0,737	0,3	66,607
Hari ke-4	35,3067	24	0,683	23	31,108	0,739	0,3	66,543
Hrari ke-5	35,2	24	0,681	23,333	30,997	0,753	0,3	76,632

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (Ct)} &= 74,278 \text{ detik} \\ \text{Efisiensi kerja alat (E)} &= 0,89 \\ \text{Lebar blade (L)} &= 3,7 \text{ m} \\ \text{Tinggi blade (H)} &= 1,1 \text{ m} \\ \text{Faktor blade (a)} &= 0,99 \\ \text{Produksi persiklus (q')} &= L \times H^2 \times a \\ &= 3,7 \times 1,1^2 \times 0,99 \\ \text{Produksi persiklus (q')} &= 4,432 \text{ m}^3 \\ \text{Produktivitas } \textit{Bulldozer} \text{ per jam} \\ Q &= q' \frac{3600}{CT} \times E \\ &= 4,432 \frac{3600}{73,672} \times 0,89 \\ &= 192,677 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas Komatsu Dz 602 lainnya dapat dilihat pada Tabel 8. sebagai berikut.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Dz 602

Jenis <i>Bulldozer</i>	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )
Komatsu DZ 602	Hari Ke-1	192,677
	Hari Ke-2	200,666
	Hari ke-3	211,440
	Hari ke-4	213,319
	Hrari ke-5	185,235
Rata - Rata Produktivitas		200,667

Hasil rekapitulasi perhitungan ke-2 jenis *bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 9. sebagai berikut.

**Tabel 9.** Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas *Bulldozer*

Jenis Alat Berat	Produktivitas ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )
Komatsu Dz 602	200,667
Caterphilar D6G	126,850

### 3.1.4 Analisis Produktivitas *Vibrator Roller*

Analisis Produktivitas *Vibrator Roller* berdasarkan hasil pengukuran dilapangan sebagai berikut.

**Tabel 10.** Kecepatan Rata – Rata *Vibrator Roller* Hamm 311d

Jenis alat vibrator roller	Waktu Pengamatan (hari)	Waktu Dalam 1 Lintasan (Detik)	Jarak Pemasatan (m)	Kecepatan rata - rata
HAMM 311D	Hari Ke-1	47,586	25,333	1,916
	Hari Ke-2	43,740	25	1,749
	Hari ke-3	40,147	19	2,113
	Hari ke-4	39,906	19	1,626
	Hari ke-5	46,413	24	1,938

Efisiensi kerja alat (E)	= 0,852
Lebar <i>roller</i>	= 2,14
Diameter drum penggilas	= 1,41
Tebal pepadatan	= 30 cm
Lebar <i>over lapping</i> (bo)	= 0,3 meter
Lebar efektif pepadatan (be)	= b – bo
	= 2,14 – 0,3
Lebar efektif pepadatan (be)	= 1,84 m
Jumlah lintasan	= 5
Waktu dalam satu lintasan	= 47,585 detik
Jarak pepadatan	= 25,333 m

Kecepatan rata – rata	= $\frac{\text{rata-rata jarak pepadatan}}{\text{rata-rata waktu pepadatan}}$
	= $\frac{25,333}{47,585}$
	= 0,532 m/s
	= 1,916 km/jam

Produktivitas per jam

$$Q = \frac{(be \times V \times 1000) \times t \times Fa}{n}$$

$$= \frac{(1,84 \times 1,916 \times 1000) \times 0,3 \times 0,851}{5}$$

$$= 180,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas alat berat *vibrator roller* lainnya dapat dilihat pada Tabel 11. sebagai berikut.

**Tabel 11.** Rekapitulasi Produktivitas *Vibrator Roller* Hamm 311D

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )
Vibrator roller Hamm 311D	Hari Ke-1	180,202
	Hari Ke-2	193,465
	Hari ke-3	160,194
	Hari ke-4	161,162
	Hari ke-5	175,029

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas ( $m^3/jam$ )
Rata - Rata Produktivitas		174,01

Hasil rekapitulasi perhitungan ke-2 jeni *Vibrator Roller* dapat dilihat pada Tabel 12. sebagai berikut.

**Tabel 12.** Rekapitulasi Produktivitas *Vibrator Roller* Cat Cs533e

Jenis Alat Berat	Produktivitas ( $m^3/jam$ )
Hamm 311D	174,01
CAT CS533E	192,999

Berdasarkan dari data pengamatan, dapat di peroleh nilai produktivitas masing – masing alat berat, dapat dilihat pada Tabel 13. sebagai berikut.

**Tabel 13.** Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat

Alat Berat	Uraian pekerjaan	Jenis	Rata- Rata Produktivitas ( $m^3/jam$ )
<i>Excavator</i>	Menggali dan memindahkan	Hyunday Hx 300Sl	124,758
		Komatsu PC 200	107,931
		Doosan Hx 300Sl	120,126
<i>Dump truck</i>	Mengangkut material	Isuzu	11,121
		Mitsubhishi	10,770
		Toyota	11,242
<i>Bulldozer</i>	Meratakan material	komatsu DZ 602	200,667
		Caterphilar D6G	126,85
<i>Vibrator roller</i>	Pemadatan tanah	HAMM 311D	174,01
		CAT CS533E	194,36

Dari Tabel 13 diatas digunakan *excavator* untuk menggali dan memindahkan material. dengan jenis *excavator* Hyundai HX 300SL yang memiliki produktivitas tertinggi di antara jenis *excavator* yang lain dengan 124,758  $m^3/jam$ , diikuti oleh Doosan HX 300SL dengan nilai produktivitas sebesar 120,126  $m^3/jam$ , dan Komatsu PC 200 dengan 107,931  $m^3/jam$ . Ini menunjukkan bahwa Hyundai HX 300SL memiliki kapasitas *bucket* dan waktu produktif kerja yang sangat baik. Secara umum, hasil produktivitas excavator pada studi kasus proyek ini lebih besar dari hasil penelitian sebelumnya yang didapat produktivitas excavator sebesar 50,42 $m^3/jam$  [6]. *Dump truck* digunakan untuk mengangkut material. Isuzu *dump truck* menunjukkan produktivitas tertinggi di antara jenis *dump truck* yang lain dengan 8,348  $m^3/jam$ , diikuti oleh Isuzu dengan 8,189  $m^3/jam$ , dan Mitsubishi dengan 7,916  $m^3/jam$ . Ini mengindikasikan bahwa Isuzu *dump truck* memiliki waktu siklus yang lebih baik. *Bulldozer* digunakan untuk meratakan hasil bongkaran material *dump truck*. Komatsu DZ 602 memiliki produktivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Caterpillar D6G, dengan nilai produktivitas sebesar 200,667  $m^3/jam$ , Ini menunjukkan bahwa Komatsu DZ 602 lebih efisien dalam pekerjaan berat karena memiliki kapasitas *blade* paling besar dibandingkan dengan Caterpillar D6G. *Vibrator roller* digunakan untuk pemadatan tanah. CAT CS533E memiliki produktivitas tertinggi dengan nilai produktivitas sebesar 194,36  $m^3/jam$ , dibandingkan dengan HAMM 311D yang memiliki produktivitas 174,01  $m^3/jam$ . Ini menunjukkan bahwa CAT CS533E lebih efektif dalam proses pemadatan dibandingkan dengan HAMM 311D.

### 3.2 Analisis Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

#### 3.2.1 Kondisi Existing

##### 1. Excavator

$$\begin{aligned} \text{Durasi pekerjaan (hari)} &= \frac{\text{durasi alat berat terlama}}{7 \text{ jam/jam}} \\ &= \frac{440 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}} \\ &= 63 \text{ hari} \\ \text{Harga sewa total per jam} &= \text{Rp}465.000,00/\text{jam} \\ \text{Harga sewa total} &= (\text{Rp}465.000,00/\text{jam} \times 7 \text{ jam}) \times 63 \times 3 \text{ unit} \\ \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}615.195.000,00 \end{aligned}$$

##### 2. Dump truck

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja dump truck} &= \frac{\text{volume curah}}{\text{volume per hari}} \\ &= \frac{155.242,334}{2.478,816} \\ &= 63 \text{ hari} \\ \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}280.000,00/\text{jam} \\ \text{Harga sewa total} &= (\text{Rp}280.000,00/\text{jam} \times 7 \text{ jam}) \times 63 \text{ hari} \times 44 \text{ unit} \\ &= \text{Rp}5.433.120.000,00 \end{aligned}$$

##### 3. Bulldozer

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja Bulldozer} &= \frac{\text{volume curah}}{\text{produksi bulldozer per jam}} \\ &= \frac{168.060,509}{327,518} \\ &= 514 \text{ jam} \\ \text{Durasi pekerjaan (hari)} &= \frac{514 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \\ &= 74 \text{ hari} \\ \text{Harga sewa total} &= (\text{Rp}315.714,00 + \text{Rp}285.714,00) \times 7 \text{ jam} \times 74 \\ \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}311.539.704,00 \end{aligned}$$

##### 2. Vibrator roller

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja vibrator roller} &= \frac{\text{volume curah}}{\text{produksi bulldozer per jam}} \\ &= \frac{168.060,509}{368,37} \\ &= 457 \text{ jam} \\ \text{Durasi pekerjaan (hari)} &= \frac{457 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \\ &= 65 \text{ hari} \\ \text{Harga sewa total} &= (\text{Rp}315.714,00 + \text{Rp}285.714,00) \times 7 \text{ jam} \times 74 \\ \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}311.539.704,00 \\ \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}285.714,00/\text{jam} \times 7 \text{ jam} \times 65 \times 2 \text{ unit} \\ \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}259.999.740,00 \end{aligned}$$

Tabel 14. Rekapitulasi Perhitungan Kondisi Existing

Jenis Alat	Jumlah Alat (unit)	Durasi Pekerjaan (hari)	Waktu operasi onal Alat	Harga Sewa (/Jam) (Rp)	Biaya (Rp)
Excavator Hyundai Hx 300Sl	3	63	7	Rp465.000,00	Rp615.195.000,00
Dump truck Isuzu, Mitsubhishi, Toyota	33	63	7	Rp208.000,00	Rp.5.433.120.000,00

Jenis Alat	Jumlah Alat (unit)	Durasi Pekerjaan (hari)	Waktu operasi onal Alat	Harga Sewa (/Jam) (Rp)	Biaya (Rp)
Bulldozer Komatsu DZ 602 dan Caterphilar D6G	2	74	7	Rp315.714,00	Rp311.539.704,00
Vibrator Roller HAMM 311D dan CAT C533E	2	65	7	Rp285.714,00	Rp259.999.740,00
Total		75			Rp6.619.854.444,00

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan waktu dan biaya pada kondisi saat ini, total waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan gali-muat-angkut adalah 63 hari, sedangkan pekerjaan pemadatan memerlukan 75 hari. Dengan demikian, durasi total yang diperlukan adalah 75 hari, dengan biaya total penggunaan alat berat sebesar Rp6.619.854.444,00. Perhitungan durasi pekerjaan dapat diselesaikan sepenuhnya dengan mengasumsikan bahwa alat-alat tersebut beroperasi selama 7 jam setiap hari dengan terdapat hubungan antar pekerjaan seperti terlihat pada Tabel 15 berikut.

**Tabel 15.** Penjadwalan Pekerjaan Kondisi *Existing*

Alat Berat	Bulan Ke	1				2				3			
		Minggu Ke											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Excavator 2469,706 m <sup>3</sup> /hari													
Dump Truck 2478,816 m <sup>3</sup> /hari													
Bulldozer 2292,518 m <sup>3</sup> /hari													
Vibrator roller 2578,59 m <sup>3</sup> /hari													

### 3.2.2 Alternatif Kombinasi

Berdasarkan data dan analisis diperoleh hasil rekapitulasi waktu dan biaya pada ke-3 alternatif dapat dilihat pada Tabel 16 sebagai berikut.

**Tabel 16.** Rekapitulasi Alternatif

Alternatif	Waktu Pekerjaan (hari)	Waktu Oprasional Alat (jam)	Biaya (Rp)
1	62	7	Rp6.273.499.512,00
2	50	7	Rp6.218.699.508,00
3	37	7	Rp6.320.539.512,00

### 3.2.4 Perbandingan Alternatif Kombinasi dan Kondisi Existing

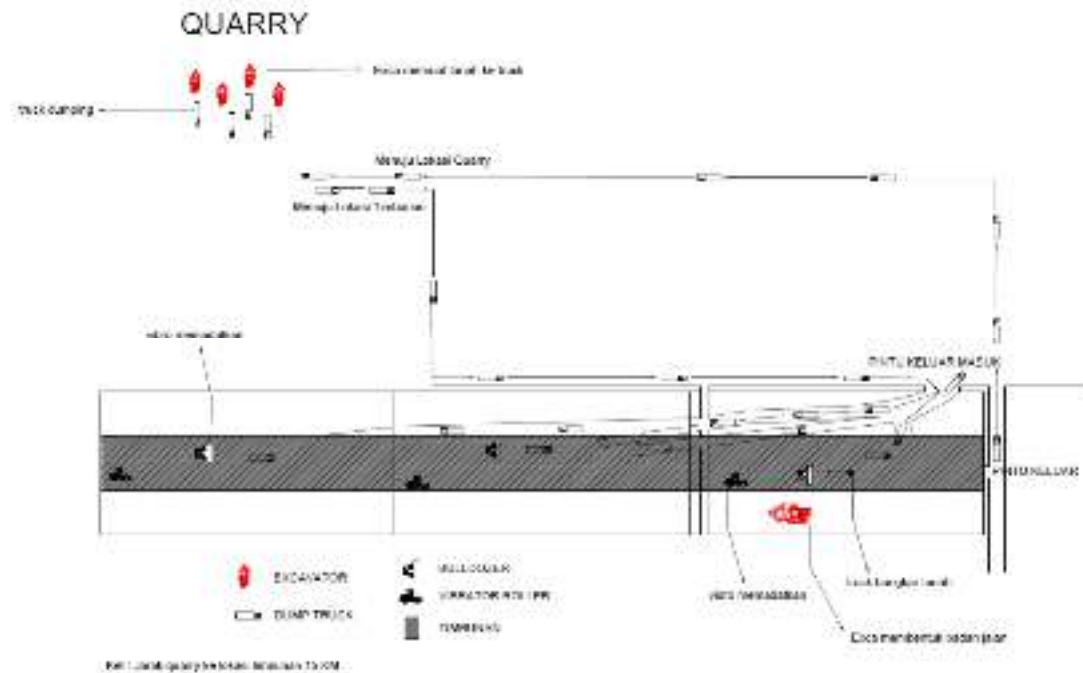
Berdasarkan hasil perhitungan kondisi *existing*, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3, dapat dilihat pada hasil rekapitulasi perbandingan alat berat dari segi biaya dan waktu pada Tabel 17 sebagai berikut.

**Tabel 17.** Rekapitulasi Perbandingan Dengan Kondisi

<b>Keterangan</b>		<b>Existing</b>	<b>Alternatif 1</b>	<b>Alternatif 2</b>	<b>Alternatif 3</b>
<b>Alat Berat</b>	Gali Muat Angkut	<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl, Komatsu PC 200, Doosan dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota	3 <i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota	4 <i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota	5 <i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota
	Meratakan dan memadatkan	DZ 602 dan Chaterphilar Vibro HAMM D331 dan Vibro CAT CS533E	2 DZ 602 dan 2 Vibro CAT CS533E	3 DZ 602 dan 3 Vibro CAT CS533E	4 DZ 602 dan 3 Vibro CAT CS533E
<b>Durasi pekerjaan Selisih waktu</b>	Hari	75	62	50	37
	Hari	75	13	25	38
	%	100%	82,667%	66,667%	49,333%
<b>Biaya total</b>	Rp	Rp6.619.854.444,00	Rp6.273.499.512,00	Rp6.218.699.508,00	Rp6.320.539.512,00
	%	100%	5,232%	6,059%	4,523% <sub>x</sub>



Berdasarkan rekapitulasi hasil perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 17. pada alternatif 1 menggunakan 3 unit *excavator* jenis Hyundai Hx 300Sl, 44 unit *dump truck*, 2 unit *bulldozer* jenis komatsu DZ 602, dan 2 unit *vibrator roller* dengan jenis CAT CS533E. Alternatif 2 menggunakan 4 unit *excavator*, 58 unit *dump truck*, 3 unit *bulldozer* jenis komatsu DZ 602, dan 3 unit *vibrator roller* jenis CT CS533E. Alternatif 3 menggunakan 5 unit *excavator*, 74 unit *dump truck*, 4 unit *bulldozer* jenis komatsu DZ 602, dan 4 unit *vibrator roller* jenis CAT CS533E. Dari ketiga alternatif tersebut, kombinasi paling efektif dan efisien adalah kombinasi pada alternatif 2. Berikut Ilustrasi pergerakan alat berat pada alternatif 2 pekerjaan timbunan pada Sta 37+00 – Sta 37+650 dapat dilihat pada gambar 2. Sebagai berikut.



Gambar 2. Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Alternatif 2

Proses gali-muat-angkut di *quarry* melibatkan penggunaan alat berat berupa *excavator* dan *dump truck*. Pada alternatif 2, dipilih 4 unit *excavator* Hyundai HX 300SL, yang dipertimbangkan karena memiliki nilai produksi tertinggi berkat ukuran *bucket* yang besar, yaitu 1,27 m<sup>3</sup>. Selain itu, ditambahkan 14 *dump truck* dari tiga merek yang sama (Isuzu, Mitsubishi, dan Toyota), sehingga total *dump truck* yang digunakan mencapai 58 unit. Jarak antara *quarry* dan lokasi timbunan adalah sekitar 15 km. Untuk pekerjaan timbunan, alternatif 2 menambah 1 unit *bulldozer* Komatsu DZ 602, yang dipilih karena kapasitas *blade* dan produktivitasnya yang paling tinggi, dan total *bulldozer* pada alternatif 2 menjadi 3 unit. Demikian pula, untuk *vibrator roller*, dipilih 3 unit model CAT CS533E karena juga menawarkan produktivitas tertinggi.

Meskipun selisih biaya alternatif 2 bukan termasuk alternatif yang memiliki penyelesaian pekerjaan paling cepat, tetapi alternatif 2 ini direkomendasikan untuk diterapkan pada pekerjaan timbunan di area antara Sta 37+00 hingga Sta 37+650. Rekomendasi ini didasarkan pada kenyataan bahwa kombinasi jumlah dan jenis alat berat yang termasuk dalam alternatif 2 lebih sesuai dengan kondisi lapangan. Dengan kata lain, pilihan ini mempertimbangkan faktor-faktor praktis dan logistik di lapangan yang membuat alternatif 2 lebih realistis dan efektif dalam konteks pekerjaan yang akan dilakukan, dimana Alternatif 2 ini melibatkan penggunaan 4 unit *excavator*, yang memiliki produktivitas sebesar 497,096 m<sup>3</sup>/jam. Selain itu, terdapat 58 unit *dump truck* dengan rata-rata produktivitas 8,202m<sup>3</sup>/jam. Selain itu, terdapat 3 unit *bulldozer* jenis Komatsu DZ 602 dengan produktivitas sebesar 602,001 m<sup>3</sup>/jam, serta 3 unit *vibrator roller* jenis CAT CS533E yang memiliki produktivitas per jam sebesar 583,08 m<sup>3</sup>/jam. Selisih waktunya adalah 25 hari dan selisih biaya yang diperoleh adalah Rp401.154.936,00 (6,059%) dibanding kondisi *existing*.

#### 4. Kesimpulan

Hasil didapat nilai produktivitas rerata excavator adalah 117,605 m<sup>3</sup>/jam, dump truck 8,154 m<sup>3</sup>/jam untuk, bulldozer 163,759 m<sup>3</sup>/jam, dan vibrator roller 184,185 m<sup>3</sup>/jam. Dari hasil produktivitas tersebut menjadi acuan dalam analisa alternatif dan dihasilkan pilihan pada alternatif 2 dengan penggunaan 4 unit *excavator* hyunday Hx 300Sl, kemudian 399 siklus ritase *dump truck*, 3 unit *bulldozer* Komatsu DZ 602, dan 3 unit *vibrator roller*. Alternatif ini dapat diselesaikan dalam waktu 48 hari dengan total biaya Rp6.218.699.508,00. Hal ini mempercepat pekerjaan timbunan selama 25 hari, dan mengemat biaya sebesar Rp401.154.936,00 (6,059%) terhadap kondisi asli.

#### References

- [1] Arsyad, R. (2021). Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru–Padang Seksi Vi Pekanbaru Bangkinang. 6. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Riau
- [2] Ervianto, Wulfram I. 2004. Manajemen Proyek Kontruksi (edisi revisi). Yogyakarta : Andi Yogyakarta
- [3] Gunawan, A. P. (2019). Analisis Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Pekerjaan Bore Pile Pada Pembangunan Overpass Proyek Jalan Tol Balikpapan–Samarinda Km. 13.
- [4] Kurniawan, S. (2023). Produktivitas Alat Berat Pada Galian Dan Timbunan. *Jumatsi: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(1), 266-271.
- [5] Lestari, I. (2021). Analisis Produktivitas Batching Plant Menggunakan Metode Time Study. *Tugas Akhir*. Universitas Islm Riau. Pekanbaru
- [6] Nugraha, S. A. (2020). Analisis Produktivitas *Excavator* Dan *Dump Truck* Studi Kasus Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- [7] Octavia, D. M., Mardhiyah, R., & Utami, C. (2021). Analisis Kombinasi Excavator dan Dump Truck pada Pekerjaan Galian Tanah (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kampus III UIN Imam Bonjol Padang). *Jurnal Teknik Sipil*. Institut Teknologi Padang, 8(2), 66-74.
- [8] Prasetyo, B. (2022). Analisis Perbandingan Koefisien Tenaga Kerja Pekerjaan Pasangan Dinding Bata Ringan Antara Lapangan Dan Standar Nasional Indonesia (Sni) 2016. *Tugas Akhir*.
- [9] Prasetyo, D., & Priyanto, B. (2023). Analisa Produktivitas *Excavator* dan *Dump Tuck* pada Pekerjaan Timbunan Random Proyek Bendungan Jragung. *Jurnal Sosial Teknologi*, 3(5), 437-443.
- [10] Purwanto, T., Wiranto, P., & Lukman, H. (2016). Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Laratlamdesar Provinsi Maluku. *Jurnal Online*. Mahasiswa Universitas Pakuan, 1(1).
- [11] Safitri, R., & Purnama, A. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Beringin Sila Kecamatan Utan. *Jurnal saintek*, 2(1), 8-14.
- [12] Rostiyanti, S.F. 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi, Edisi 2. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- [13] Sandi, C. K., Cahyono, N., Husodo, I. T., & Suwandi, P. A. P. J. (2020). Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Metode *Time Study* Pada Pekerjaan Kolom (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi Pasar Johar Kota Semarang). *Jurnal Teknik Sipil Gyraryory Upgris*, 1(1), 1-10.
- [14] Sugiyono, P. D. (2017). Metode penelitian bisnis: pendekatan kuantitatif, kualitatif, kombinasi, dan R&D. Penerbit CV. Alfabeta: Bandung, 225, 87.
- [15] Yulianto, N. A. B., Maskan, M., & Utaminingsih, A. (2018). Metode Penelitian Bisnis: Zaoqi, A., Hasyim, & Warka, I. G. P. (2022). Evaluasi Produktivitas dan Efisiensi Alat Berat pada Pekerjaan Tanah Proyek Perpanjangan Runway di Bandara Internasional Lombok. [16271636http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA](http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA)