

**ANALISIS KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN BATU AS
MAINDAM STA 0+25 SAMPAI 0+50
(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1)**

**ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT COMBINATIONS IN MAINDAM STONE
QUARRYING WORKS STA 0+25 TO 0+50
(Case Study: Cijurey Dam Construction Project Package 1)**

Shinta Ardhya Maharani¹, Ekodjati Tunggulgeni², Anasya Arsita Laksmi³

^{1,2,3}Universitas Pertahanan, Kawasan IPSC Sentul Kabupaten Bogor, 16810, Indonesia

Email: shintardhym@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan produktivitas merupakan kunci keberhasilan proyek konstruksi. Penelitian ini berfokus pada analisis kombinasi alat berat yang optimal untuk memaksimalkan produktivitas pekerjaan galian batu pada proyek Bendungan Cijurey. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kapasitas alat, waktu siklus, dan efisiensi kerja, penelitian ini mengidentifikasi kombinasi alat yang mampu menghasilkan volume galian terbesar dalam waktu tercepat. Selain itu, penelitian ini juga memperhitungkan biaya operasional dan kepemilikan untuk setiap kombinasi alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi dengan pengurangan jumlah dump truck dari 4 menjadi 3, yaitu Rock Drill Breaker 2 Excavator 1 Dump Truck 3, dapat mempertahankan produktivitas sebesar 50,31 m³/jam dengan durasi pekerjaan tetap 340 jam. Selain itu, kombinasi ini mampu meningkatkan optimasi operasional dan mengurangi biaya operasional dari Rp945.227.618,20 menjadi Rp837.206.928,80 dengan selisih penghematan sebesar Rp108.020.689,40 dibandingkan dengan kombinasi alat yang ada saat ini.

Kata Kunci: *Alat Berat, Galian Batu, Optimasi, Produktivitas, Waktu Siklus*

ABSTRACT

Productivity improvement is the key to the success of a construction project. This study focuses on analyzing the optimal combination of heavy equipment to maximize the productivity of excavation work on the Cijurey Dam project. By considering factors such as equipment capacity, cycle time, and work efficiency, this study identifies the combination of equipment that can produce the highest excavation volume in the fastest time. In addition, this study also calculates the operational and ownership costs for each combination of equipment. The results show that the combination of reducing the number of dump trucks from 4 to 3—specifically, using 2 Rock Drill Breakers, 1 Excavator, and 3 Dump Trucks—can maintain productivity at 50.31 m³/hour while keeping the work duration at 340 hours. This combination also improves operational efficiency and reduces operational costs from IDR 945,227,618.20 to IDR 837,206,928.80, achieving a cost saving of IDR 108,020,689.40 compared to the existing combination of equipment.

Keywords: *Cycle Time, Heavy Equipment, Optimization, Productivity, Rock Excavation*

PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Bendungan Cijurey merupakan sebuah infrastruktur strategis yang dirancang untuk mereduksi risiko banjir sebesar 59,33% melalui pengendalian debit banjir Q25th, meningkatkan ketersediaan air baku sebesar 0,71 m³/s, mengembangkan irigasi seluas 2.047 ha, serta mendukung produksi energi listrik sebesar 1 MW (PT Brantas Abipraya Persero, 2024). Salah satu tahapan krusial dalam proyek ini adalah pekerjaan galian untuk pembangunan *as main dam*.

Efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan galian batu sangat penting untuk memastikan tercapainya target waktu dan biaya yang ditetapkan (Kartasapoetra, 1991). Efisiensi dan efektivitas dalam pemanfaatan sumber daya memegang peran krusial dalam keberhasilan suatu proyek di lapangan. Pengelolaan sumber daya yang tepat akan mendukung kelancaran pelaksanaan dan pencapaian tujuan proyek (Sukindrawati dkk., 2023). Di dalam pelaksanaan pekerjaannya digunakan kombinasi alat berat seperti *Rock Drill Breaker*, *Excavator*, dan *Dump truck*. Pada proyek bendungan, penggunaan peralatan konstruksi tersebut sangat penting dan tidak dapat diabaikan (Febrianti dkk., 2021)

Namun, optimalisasi penggunaan kombinasi alat berat tersebut seringkali menjadi tantangan tersendiri, terutama dalam kondisi lapangan yang spesifik dan kompleks. Kombinasi alat berat digunakan sebagai metode untuk menentukan jenis serta jumlah alat berat yang dibutuhkan, menghitung durasi kerja, serta mengestimasi biaya yang diperlukan untuk setiap kombinasi alat tersebut (Putra dan Nugraheni, 2018).

1. Tujuan Penelitian

Penelitian-penelitian sebelumnya terkait produktivitas alat berat umumnya berfokus pada jenis pekerjaan dan kondisi tanah yang berbeda-beda. Terdapat keterbatasan kajian yang secara spesifik menganalisis

produktivitas kombinasi alat berat *Rock Drill Breaker*, *Excavator*, dan *Dump truck* pada pekerjaan galian *as main dam*.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis produktivitas kombinasi alat berat *Rock Drill Breaker*, *Excavator*, dan *Dump truck* pada pekerjaan galian *as main dam* STA 0+25 sampai 0+50 proyek pembangunan Bendungan Cijurey;
2. Menganalisis biaya alat berat agar mendapatkan optimasi biaya alat berat;
3. Mengevaluasi kombinasi atau *fleet* alat berat yang digunakan di lapangan dengan hasil observasi langsung di lapangan dan data sekunder yang diperlukan untuk mendukung penelitian;
4. Memberikan rekomendasi terkait kombinasi alat berat yang optimal untuk meningkatkan optimasi biaya penggunaan alat berat pada pekerjaan galian batu di lokasi *as main dam* STA 0+25 sampai 0+50.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang manajemen konstruksi khususnya yang melibatkan temuan-temuan dalam penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi rujukan bagi para praktisi, kontraktor, dan akademisi dalam upaya meningkatkan efisiensi dan efektivitas pelaksanaan proyek konstruksi yang serupa karena penggunaan alat berat yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan dapat menyebabkan rendahnya produktivitas proyek dan kegagalan dalam mencapai jadwal yang telah ditetapkan (Efriansyah dkk., 2022).

2. Lokasi Penelitian

Proyek pembangunan Cijurey berada di Kecamatan Cariu, Sukamakmur, dan Tanjungsari, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat dengan koordinat garis bujur -6.553687° dan garis lintang 107.081311°. Denah lokasi dan gambaran

situasi objek penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 yang diambil menggunakan aplikasi *Google Earth Pro*.



Gambar 1. Lokasi Objek Penelitian

Gambar 2 merupakan *lay out* Bendungan Cijurey yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. *Lay Out* Bendungan Cijurey

Situasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Situasi Objek Penelitian

METODE

Dalam penulisan penelitian ini, digunakan 2 (dua) jenis tahapan yang dilakukan, yaitu:

1. Studi Literatur

Danial dan Warsiah (2009) mengatakan bahwa studi literatur merupakan metode penelitian yang melibatkan pengumpulan data sekunder dari berbagai sumber tertulis,

seperti buku dan majalah dengan tujuan untuk mengidentifikasi kerangka teoritis yang relevan dan mendukung analisis data penelitian.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah fundamental dalam penelitian. Data yang dikumpulkan berupa data primer yang diperoleh secara langsung dari lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari sumber-sumber terpercaya yang telah ada sebelumnya seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), NSPM (Norma, Standar, Pedoman, dan Manual), SIMANTU PUPR (Sistem Informasi Manajemen PUPR), dan buku referensi lainnya.

a. Data Primer

Data primer dikumpulkan langsung oleh peneliti di lapangan melalui observasi dan pengukuran waktu siklus alat berat, seperti *Rock Drill Breaker*, *Excavator*, dan *Dump Truck*. Data meliputi jam operasi, waktu siklus, volume *bucket excavator*, kapasitas *dump truck*, panjang *pen breaker*, jarak galian ke *disposal area*, jam kerja efektif, serta kebutuhan bahan bakar dan pelumas. Selain itu, wawancara dilakukan dengan pihak terkait yang bertanggung jawab atas alat berat tersebut.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang telah dikumpulkan oleh pihak lain untuk tujuan yang berbeda, kemudian digunakan kembali oleh peneliti. Data yang dikumpulkan berupa hasil pengukuran volume harian pada *disposal area* tim pengukuran proyek. Selain itu juga digunakan data biaya operasional dan kepemilikan dari katalog masing-masing alat berat dan Keputusan Bupati Bogor Nomor 600/471/Kpts/Per-UU/2023.

Kedua jenis data ini memiliki peran yang sama pentingnya. Data primer memberikan informasi yang spesifik dan terkini sesuai dengan kebutuhan penelitian, sedangkan data sekunder memberikan konteks yang lebih luas dan pemahaman yang lebih

mendalam tentang fenomena yang sedang diteliti.

Berdasarkan data pengamatan, terdapat 3 jenis alat yang bekerja pada pekerjaan galian *as main dam* proyek pembangunan Bendungan Cijurey, ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah sebagai berikut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Alat Berat yang Bekerja Pada Pekerjaan Galian

Tabel 1. Jenis Alat Berat

No	Jenis Alat	Merek dan Tipe
1.	<i>Rock Drill Breaker</i>	Liugong 922E 137 HP
2.	<i>Excavator</i>	Komatsu PC-200 138 HP
3.	<i>Dump Truck</i>	Hino 500 FM 260 JD

2. Perhitungan Waktu Siklus Alat Berat

Perhitungan waktu siklus alat berat dilakukan dengan cara pengamatan langsung. Dari pengamatan alat berat

Excavator + RDB didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah sebagai berikut.

Tabel 2. Waktu Siklus *Excavator* + RDB Liugong 922E 137 HP

Siklus	Waktu (s)	Siklus	Waktu (s)
1	28	17	29
2	25	18	30
3	27	19	30
4	28	20	26
5	32	21	29
6	29	22	28
7	28	23	29
8	26	24	30
9	25	25	28
10	26	26	27
11	29	27	29
12	29	28	27
13	30	29	27
14	28	30	31
15	26	Rata-rata	28
16	28		

Dari pengamatan alat berat *Excavator* didapatkan hasil yang dapat dilihat pada

Tabel 3 dibawah sebagai berikut.

Tabel 3. Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200

Siklus	Waktu (s)				
	Gali	Putar Isi	Buang	Putar Kosong	Total
1	4	3	5	7	19
2	4	2	5	6	17
3	5	3	4	7	19
4	5	3	6	7	21
5	4	4	4	5	17
6	4	3	5	7	19
7	4	2	5	6	17
8	5	3	4	7	19
9	5	3	6	7	21
10	4	4	4	5	17
11	4	3	5	7	19
12	4	2	5	6	17
13	5	3	4	7	19
14	5	3	6	7	21
15	4	4	4	5	17
16	4	3	5	7	19
17	4	2	5	6	17
18	5	3	4	7	19
19	5	3	6	7	21
20	4	4	4	5	17
21	4	3	5	7	19
22	4	2	5	6	17
23	5	3	4	7	19
24	5	3	6	7	21
25	4	4	4	5	17
26	4	3	5	7	19
27	4	2	5	6	17
28	5	3	4	7	19
29	5	3	6	7	21
30	4	4	4	5	17
Rata-rata					18,60

Dari pengamatan alat berat *Dump Truk* Tabel 4 di bawah sebagai berikut. didapatkan hasil yang dapat dilihat pada

Tabel 4. Waktu Siklus *Dump Truck* Hino 500 FM 26 JD

Siklus	Waktu (s)				
	Isi	Berangkat	Buang	Kembali	Antri
1	226	121	180	90	240
2	210	120	201	87	236
3	198	131	190	72	253
4	215	111	231	98	242

Siklus	Waktu (s)				
	Isi	Berangkat	Buang	Kembali	Antri
5	220	109	221	88	229
6	213	115	200	85	235
7	205	122	195	90	240
8	220	119	207	82	245
9	208	124	210	90	230
10	200	115	220	89	240
11	220	110	210	85	250
12	210	120	200	80	235
13	215	120	191	90	240
14	220	115	215	85	230
15	220	122	190	92	240
16	210	118	210	88	250
17	217	123	205	85	235
18	215	121	203	80	240
19	220	115	210	85	245
20	218	120	205	90	230
21	201	112	210	92	240
22	208	118	215	87	245
23	213	121	206	85	240
24	220	115	210	88	235
25	205	113	200	92	240
26	210	117	213	85	250
27	220	120	210	90	240
28	208	125	220	85	235
29	215	119	210	90	240
30	213	121	200	85	250
Rata-Rata	213,80	118,40	206,60	87,00	240,00

3. Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR, perhitungan produktivitas alat berat dilakukan dengan menggunakan rumus.

Rumus yang digunakan sebagai perhitungan adalah sebagai berikut:

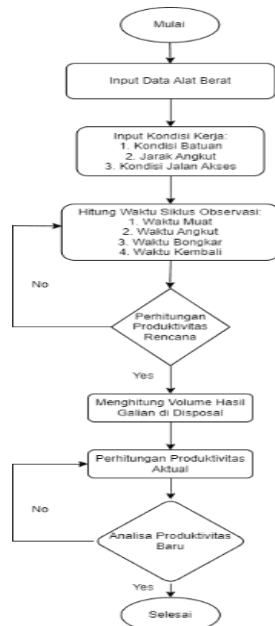
$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Cm} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- Q = Kapasitas produksi perjam
- V = Kapasitas alat
- Fb = Faktor alat
- Fa = Faktor efisiensi alat
- Cm = Waktu siklus

Analisis Kombinasi Alat (Maharani/hal. 93-107)

Bagan alir perhitungan produktivitas alat berat yang bersumber dari data penulis dapat dilihat pada gambar 4 dibawah sebagai berikut.



Gambar 4. Bagan Alir Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Berikut dibawah ini merupakan perhitungan produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian *batu as main dam* STA 0+25 sampai STA 0+50 pada proyek pembangunan Bendungan Cijurey.

a. Excavator + RDB Liugong 922E 137 HP

Diameter *breaker* = 14 cm
 Kapasitas *breaker* (V) = 0,2 m³
 Faktor *breaker* (Fb) = 1
 Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,81
 Waktu siklus = 27,5 detik
 = 0,46 menit

Kap. Produksi/jam (Q1) =

$$Q1 = \frac{0,2 \times 1 \times 0,81 \times 60}{0,46}$$

$$Q1 = 20,83 \text{ m}^3/\text{jam}$$

b. Excavator Komatsu PC-200 138 HP

Kapasitas *Bucket* (V) = 0,93 m³
 Faktor *Bucket* (Fb) = 0,80
 Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,81
 Faktor konversi material = 1,70
 Waktu gali = 4,40 detik
 Waktu putar isi = 3,00 detik
 Waktu buang = 4,80 detik
 Waktu putar kosong = 6,40 detik

$$T1 = \frac{\text{Waktu gali} + \text{putar isi} + \text{buang}}{60} \dots (2)$$

$$\bullet T1 = \frac{4,4 + 3 + 4,8}{60}$$

$$T1 = 0,2 \text{ menit}$$

$$T2 = \frac{\text{Waktu swing kosong} + \text{lain lain (5s)}}{60} (3)$$

$$T2 = \frac{6,40 + 5}{60}$$

$$T2 = 0,19 \text{ menit}$$

$$\bullet \text{Waktu siklus (Cm)} = 0,2 + 0,19$$

$$\text{Cm} = 0,39 \text{ menit}$$

Kap. Produksi/jam (Q2) =

$$Q2 = \frac{0,93 \times 0,80 \times 0,81 \times 60}{0,39 \times 1,70}$$

$$Q2 = 54,08 \text{ m}^3/\text{jam}$$

c. Dump Truck

Kapasitas bak (V) = 25 m³
 Faktor efisiensi alat = 0,80
 Jarak angkut = 400 m
 Kec. rata-rata bermuatan = 12,22 km/jam
 Kec. rata-rata kosong = 16,72 km/jam
 Waktu tempuh isi = 1,97 menit
 Waktu tempuh kosong = 1,45 menit
 Waktu muat = 3,56
 Waktu antri + buang = 7,44 menit
 Waktu siklus total = 14,43 menit

Kap. Produksi/jam (Q3) =

$$Q3 = \frac{25 \times 0,80 \times 60}{14,43 \times 1,70}$$

$$Q3 = 48,92 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari perhitungan produktivitas dari masing-masing alat berat diatas didapatkan

hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah sebagai berikut.

Tabel 5. Produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan

No	Jenis Alat	Produktivitas (m ³ /jam)
1.	Excavator + RDB Liugong 922E 137 HP	20,83
2.	Excavator Komatsu PC-200 138 HP	54,08
3.	Dump Truck Hino 500 FM 260 JD	48,92

4. Perhitungan Biaya Operasional

Data-data biaya alat berat diperoleh dari Keputusan Bupati Bogor Nomor 600/471/Kpts/Per-UU/2023 Tentang Standar Harga Jasa Konstruksi dan Jasa Konsultasi Kabupaten Bogor yang diterbitkan oleh Pemerintah Kabupaten Bogor, serta informasi tambahan dari *Manual Book* masing-masing alat berat, guna memastikan keakuratan dan kesesuaian dengan spesifikasi teknis yang berlaku.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR, adapun rumus yang digunakan dalam menghitung biaya operasional alat berat adalah sebagai berikut:

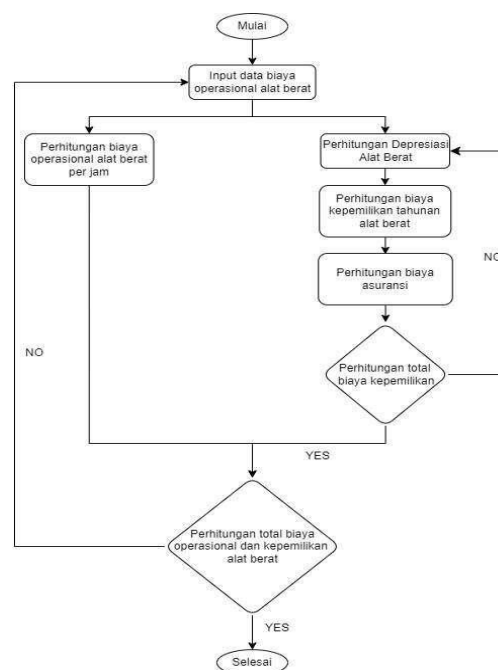
$$\text{Biaya Operasi} = H + I + J + K + L \dots\dots (4)$$

Dimana:

- H = Konsumsi bahan bakar
- I = Konsumsi minyak pelumas
- J = Biaya pemeliharaan rutin
- K = Upah operator
- L = Biaya Operasi

Dalam memperhitungkan biaya alat berat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu biaya kepemilikan dan biaya operasional (Chaplin dkk, 2022). Komponen utama dalam menghitung biaya operasional mencakup penggunaan bahan bakar, minyak pelumas, biaya pemeliharaan, serta gaji operator (Wattimena dan Witjaksana, 2023).

Bagan alir perhitungan biaya operasional dan kepemilikan alat berat yang bersumber dari data penulis dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah sebagai berikut.



Gambar 5. Bagan Alir Perhitungan Biaya Operasional dan Kepemilikan Alat Berat

Perhitungan biaya kepemilikan dan operasional alat berat memerlukan analisis yang mendalam karena faktor tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap optimalisasi efisiensi anggaran dalam pelaksanaan proyek (Tauro dkk., 2013). Kebutuhan dan biaya operasional dari masing-masing alat berat yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Excavator + RDB Liugong 922E 137 HP

- Biaya Bahan Bakar (H)
 $H = \text{rata-rata penggunaan solar perjam} \times \text{harga solar per liter} \dots (5)$
 $H = 19,83 \times \text{Rp}15.000,00$
 $H = \text{Rp}297.450,00$

- Biaya Minyak Pelumas (I)

$$I = \frac{\text{Kebutuhan Pelumas} \times \text{Harga Pelumas}}{\text{Waktu Kerja sebulan}} \dots (6)$$

$$I = \frac{210 \times \text{Rp}30.000,00}{(25 \times 12) + (5 \times 8)}$$

 $I = \text{Rp}31.500$

- Biaya Pemeliharaan Rutin (J)

$$J = \frac{\text{Biaya Bengkel}}{\text{Waktu kerja sebulan}} \dots (7)$$

$$J = \frac{\text{Rp}5.400.000,00}{(25 \times 12) + (5 \times 8)}$$

 $J = \text{Rp}27.000$

- Upah Operator (K)

$$K = \frac{m \text{ orang}}{\text{jam}} \times U1 \dots (8)$$

 $K = 43.179 \times 1$
 $K = \text{Rp}43.179,00$

- Upah Pembantu Operator (L)

$$L = \frac{m \text{ orang}}{\text{jam}} \times U1 \dots (9)$$

 $L = 26.169 \times 1$
 $L = \text{Rp}26.169,00$

- Biaya Total Operasional (M)
 $P = H + I + J + K + L + M$
 $P = \text{Rp}425.298,00$

b. Excavator Komatsu PC 200

- Biaya Bahan Bakar (H)
 $H = \text{rata-rata penggunaan solar perjam} \times \text{harga solar per liter}$
 $H = 18,67 \times \text{Rp}15.000,00$
 $H = \text{Rp}280.050,00$

- Biaya Minyak pelumas (I)

$$I = \frac{\text{Kebutuhan Pelumas} \times \text{Harga Pelumas}}{\text{Waktu Kerja sebulan}}$$

$$I = \frac{168,2 \times \text{Rp}30.000,00}{(25 \times 12) + (5 \times 8)}$$

 $I = \text{Rp}25.230,00$

- Biaya Pemeliharaan Rutin (J)

$$J = \frac{\text{Biaya Bengkel}}{\text{Waktu kerja sebulan}}$$

$$J = \frac{\text{Rp}5.400.000,00}{(25 \times 12) + (5 \times 8)}$$

$$J = \text{Rp}27.000$$

- Upah Operator (K)

$$K = \frac{m \text{ orang}}{\text{jam}} \times U1$$

 $K = 43.179 \times 1$
 $K = \text{Rp}43.179,00$

- Upah Pembantu Operator (L)

$$L = \frac{m \text{ orang}}{\text{jam}} \times U1$$

 $L = 26.169 \times 1$
 $L = \text{Rp}26.169,00$

- Biaya Total Operasional (M)
 $P = H + I + J + K + L + M$
 $P = \text{Rp}397.128,00$

c. Dump Truck HINO FM 260 JD

- Biaya Bahan Bakar (H)
 $H = \text{rata-rata penggunaan solar perjam} \times \text{harga solar per liter}$
 $H = 5,83 \times \text{Rp}15.000,00$
 $H = \text{Rp}87.450,00$

- Biaya Minyak pelumas (I)

$$I = \frac{\text{Kebutuhan Pelumas} \times \text{Harga Pelumas}}{\text{Waktu Kerja sebulan}}$$

$$I = \frac{15 \times \text{Rp}30.000,00}{(25 \times 12) + (5 \times 8)}$$

 $I = \text{Rp}2.250,00$

- Biaya Pemeliharaan Rutin (J)

$$J = \frac{\text{Biaya Bengkel}}{\text{Waktu kerja sebulan}}$$

$$J = \frac{\text{Rp}5.400.000,00}{(25 \times 12) + (5 \times 8)}$$

 $J = \text{Rp}27.000$

- Upah Operator (K)

$$K = \frac{m \text{ orang}}{\text{jam}} \times U1$$

 $K = 43.179 \times 1$
 $K = \text{Rp}43.179,00$

- Upah Pembantu Operator (L)

$$L = \frac{m \text{ orang}}{\text{jam}} \times U1$$

 $L = 26.169 \times 1$
 $L = \text{Rp}26.169,00$

- Biaya Total Operasional (M)
 $P = H + I + J + K + L + M$
 $P = \text{Rp}190.298,00$

Sumber Perhitungan: (Rostiyanti, 2008)

5. Perhitungan Biaya Kepemilikan

Dalam perhitungan biaya kepemilikan membutuhkan nilai depresiasi dan hasil perhitungan nilai asuransi. Nilai depresiasi diperhitungkan dengan menggunakan metode *Declining Balance Method*. Metode tersebut merupakan metode penyusutan yang dipercepat, di mana tingkat depresiasi tetap diterapkan pada nilai buku aset yang terus berkurang (Setyawati dkk., 2022).

Metode *Declining Balance Method* dipilih karena mencerminkan penurunan nilai yang cepat di awal penggunaan, sejalan dengan karakteristik alat berat yang cepat terdepresiasi dan biaya perawatan yang meningkat. Metode ini juga mendukung pengelolaan arus kas dan pengurangan beban pajak menyesuaikan beban biaya dengan produktivitas serta arus kas alat berat.

Perhitungan biaya kepemilikan alat per jam ditentukan berdasarkan nilai sisa alat, perhitungan angsuran modal, serta biaya asuransi (Bahar, 2016). Berikut dibawah ini merupakan perhitungan biaya kepemilikan dari masing-masing alat berat.

a. Excavator + RDB Liugong 922E 137 HP

Diketahui:

- Umur Alat (n) = 5 tahun
- R = 2/n = 2/5 = 0,4
- Harga alat = Rp1.400.000.000

Depresiasi tahunan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$D_k = R \times (1-R)^{k-1} \times P \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

- Dk = Depresiasi Tahunan
- R = Tingkat Depresiasi
- K = Tahun ke – n
- P = Harga Alat

Selain itu, di hitung juga nilai buku akhir dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$B_k = (1-R)^k \times P \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

- Bk = Nilai Buku Akhir
- R = Tingkat Depresiasi
- K = Tahun ke – n
- P = Harga Alat

Perhitungan depresiasi Excavator + RDB Liugong 922E 137 HP dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Depresiasi *Excavator* + RDB Liugong 922E 137 HP

Tahun (k)	Depresiasi Tahunan (Dk)	Nilai Buku Akhir (Bk)
1	Rp 560.000.000	Rp 840.000.000
2	Rp 201.600.000	Rp 638.400.000
3	Rp 91.929.600	Rp 546.470.400
4	Rp 47.215.042	Rp 499.255.357
5	Rp 25.881.397	Rp 473.373.959

Setelah memperhitungkan nilai depresiasi tahunan dan nilai buku akhir, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung nilai biaya kepemilikan tahunan dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{R \times (n+1) + Bk \times (n-1)}{2 \times n^2} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

- A = Biaya kepemilikan tahunan
- R = Tingkat Depresiasi
- K = Tahun ke – n
- P = Harga Alat

Pada *Excavator* + RDB 138 Liugong 922E, biaya kepemilikan tahunan didapatkan sebagai berikut

Analisis Kombinasi Alat (Maharani/hal. 93-107)

$$A = \frac{1.400.000.000 \times (5+1) + 473.373.959,71 \times (5-1)}{2 \times 5^2}$$

$$A = \text{Rp}205.869.916,78/\text{tahun}$$

$$R = 0,4$$

$$\text{Harga alat} = \text{Rp}1.100.000.000$$

b. *Excavator* Komatsu PC 200

Diketahui:

$$\text{Umur Alat (n)} = 5 \text{ tahun}$$

Perhitungan depresiasi *Excavator* Komatsu PC 200 dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini sebagai berikut.

Tabel 7. Depresiasi *Excavator* Komatsu PC 200

Tahun (k)	Depresiasi Tahunan (Dk)	Nilai Buku Akhir (Bk)
1	Rp 440.000.000	Rp 660.000.000
2	Rp 158.400.000	Rp 501.600.000
3	Rp 72.230.400	Rp 429.369.600
4	Rp 37.097.533	Rp 392.272.067
5	Rp 20.335.384	Rp 371.936.683

Pada *Excavator* Komatsu PC 200 biaya kepemilikan tahunan didapatkan sebagai berikut.

$$A = \frac{1.100.000.000 \times (5+1) + 371.936.683 \times (5-1)}{2 \times 5^2}$$

$$A = \text{Rp}161.754.934,61 / \text{tahun}$$

$$\text{Umur Alat (n)} = 5 \text{ tahun}$$

$$R = 0,4$$

$$\text{Harga alat} = \text{Rp}1.900.000.000$$

c. *Dump Truck* HINO FM 260 JD

Diketahui:

Perhitungan depresiasi *Dump Truck* HINO FM 260 JD dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Depresiasi *Dump Truck* HINO FM 260 JD

Tahun (k)	Depresiasi Tahunan (Dk)	Nilai Buku Akhir (Bk)
1	Rp 760.000.000	Rp1.140.000.000
2	Rp 273.600.000	Rp 866.400.000
3	Rp 124.761.600	Rp 741.638.400
4	Rp 64.077.558	Rp 677.560.842
5	Rp 35.124.754	Rp 642.436.088

Pada *Excavator* Komatsu PC 200 biaya kepemilikan tahunan didapatkan sebagai berikut.

$$A = \frac{1.900.000.000 \times (5+1) + 642.436.088 \times (5-1)}{2 \times 5^2}$$

$$A = \text{Rp}279.394.887,05 / \text{tahun}$$

nilai asuransi dinyatakan sebesar 1,5%. Perhitungan asuransi dilakukan sebagai berikut:

$$\text{Asuransi} = \frac{\text{Harga Alat}}{\text{Jam operasi pertahun}} \times 1,5\%$$

Perhitungan dilanjutkan dengan menghitung nilai asuransi. Pada proyek ini

Dari rumus tersebut didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Nilai Asuransi

Jenis Alat	Asuransi 1,5%
<i>Excavator</i> + RDB Liugong 922E 137 HP	Rp 8.101,85
<i>Excavator</i> Komatsu PC 200	Rp 6.365,74
<i>Dump Truck</i> HINO FM 260 JD	Rp 10.995,37

Total biaya kepemilikan dihitung dengan menjumlahkan nilai biaya kepemilikan dengan hasil perhitungan asuransi. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan total biaya sebagai berikut:

- a. *Excavator* + RDB Liugong 922E 137 HP
 $= \text{Rp}85.779,13 + \text{Rp}8.101,85$
 $= \text{Rp}93.880,98$
- b. *Excavator* Komatsu PC 200
 $= \text{Rp}67.397,89 + \text{Rp}6.365,74$
 $= \text{Rp}73.763,63$
- c. *Dump Truck* HINO FM 260 JD
 $= \text{Rp}116.414,54 + \text{Rp}10.995,37$
 $= \text{Rp}127.409,91$

6. Total Biaya Alat Berat

Total biaya alat berat diperhitungkan dengan cara menjumlahkan biaya kepemilikan/jam dengan biaya operasi/jam untuk setiap alat berat/ Nilai total biaya alat berat untuk keseluruhan alat berat sebagai berikut.

- a. *Excavator* + RDB Liugong 922E
 $= \text{Biaya kepemilikan/jam} + \text{Biaya Operasi/jam}$
 $= \text{Rp}93.880,98 + \text{Rp}425.298,00$
 $= \text{Rp}519.178,98$
- b. *Excavator* Komatsu PC 200
 $= \text{Rp}73.763,63 + \text{Rp}397.128,00$
 $= \text{Rp}470.891,63$
- c. *Dump Truck* Hino FM 260 JD
 $= \text{Rp}127.409,91 + \text{Rp}190.298,00$
 $= \text{Rp}317.707,91$

7. Perhitungan Analisa Kombinasi Alat Berat Baru

Berikut dibawah ini merupakan tahapan dari kombinasi alat berat untuk pekerjaan

galian batu di area As Main Dam STA 0+25 sampai STA 0+50 pada Proyek Bendungan Cijurey Paket 1.

- a. Analisa Produktivitas Asli di Lapangan Berdasarkan Pengukuran hasil galian batu di *Disposal Area*

- Jam Kerja
 $= (25 \times 12) + (5 \times 8)$
 $= 340 \text{ jam / bulan}$
- *Excavator* + RDB Liugong 922E
 Jumlah $= 2$
 Produktivitas $= \frac{\text{Total Produksi}}{\text{Jam Kerja}} \dots (13)$
 $= \frac{17.104,33}{340}$
 $= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$
 Produktivitas 1 *breaker*
 $= \frac{50,31}{2}$
 $= 25,15 \text{ m}^3/\text{jam}$

- *Excavator* Komatsu PC 200
 Jumlah $= 1$
 Produktivitas $= \frac{\text{Total Produksi}}{\text{Jam Kerja}}$
 $= \frac{17.104,33}{340}$
 $= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$

- *Dump Truck* Hino FM 260 JD
 Jumlah $= 4$
 Produktivitas $= \frac{\text{Total Produksi}}{\text{Jam Kerja}}$
 $= \frac{17.104,33}{340}$
 $= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$

Produktivitas 1 DT

$$= \frac{50,31}{4}$$

$$= 12,58 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Biaya Total
 Biaya total alat berat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Biaya total Alat Berat} = \text{Biaya Alat Berat} \times \text{Jam Kerja} \times \text{Jumlah Alat}$$

Analisis Kombinasi Alat (Maharani/hal. 93-107)

Hasil perhitungan biaya total alat berat dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Total Biaya Kombinasi Alat Berat Baru

Jenis Alat	Jumlah Alat	Produktivitas (m ³ /jam)	Biaya Alat Berat	Total Biaya Alat Berat
<i>Excavator</i> + RDB Liugong 922E	2	50,31	Rp519.178,98	Rp353.041.706,40
<i>Excavator</i> Komatsu PC 200	1		Rp470.891,63	Rp160.103.154,20
<i>Dump Truck</i> Hino FM 260 JD	4		Rp317.707,91	Rp432.082.757,60
TOTAL				Rp945.227.618,20

b. Analisa Produktivitas Baru

- *Excavator* + RDB Liugong 922E

Produktivitas 1 alat

$$= 25,15 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah saran alat = 2

Produktivitas 2 alat

$$= 25,15 \times 2$$

$$= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- *Excavator* Komatsu PC 200

Jumlah saran alat = 1

Produktivitas 1 alat

$$= \frac{50,31}{1}$$

$$= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- *Dump Truck* Hino FM 260 JD

Jumlah saran alat = 3

Produktivitas 1 alat

$$= \frac{50,31}{3}$$

$$= 16,77 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas 3 alat

$$= 16,77 \times 3$$

$$= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Jam Kerja

$$= \frac{\text{Total Produksi}}{\text{Produktivitas}}$$

$$= \frac{17.104,33}{50,31}$$

$$= 340 \text{ jam}$$

- Biaya Total Alat Berat

Biaya total alat berat untuk *fleet* baru dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 11. Biaya Total Fleet Rancangan

Jenis Alat	Jumlah Alat	Produktivitas (m ³ /jam)	Biaya Alat Berat	Total Biaya Alat Berat
<i>Excavator</i> + RDB Liugong 922E	2	50,31	Rp 519.178,98	Rp 353.041.706,40
<i>Excavator</i> Komatsu PC 200	1		Rp 470.891,63	Rp 160.103.154,20
<i>Dump Truck</i> Hino FM 260 JD	3		Rp 317.707,91	Rp 324.062.068,20
TOTAL				Rp 837.206.928,80

c. Analisa Produktivitas Baru

- *Excavator* + RDB Liugong 922E

Produktivitas 1 alat

$$= 25,15 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah saran alat = 2

Produktivitas 2 alat

$$= 25,15 \times 2$$

$$= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- *Excavator* Komatsu PC 200

Jumlah saran alat = 1

Produktivitas 1 alat

$$= \frac{50,31}{1}$$

$$= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- *Dump Truck* Hino FM 260 JD

Jumlah saran alat = 3

Produktivitas 1 alat

$$= \frac{50,31}{3}$$

$$= 16,77 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas 3 alat

$$= 16,77 \times 3$$

$$= 50,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Jam Kerja

$$= \frac{\text{Total Produksi}}{\text{Produktivitas}}$$

$$= \frac{17.104,33}{50,31}$$

$$= 340 \text{ jam}$$

- Biaya Total Alat Berat

Biaya total alat berat untuk *fleet* baru dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Biaya Total Fleet Rancangan

Jenis Alat	Jumlah Alat	Produktivitas (m ³ /jam)	Biaya Alat Berat	Total Biaya Alat Berat
<i>Excavator</i> + RDB Liugong 922E	2	50,31	Rp 519.178,98	Rp 353.041.706,40
<i>Excavator</i> Komatsu PC 200	1		Rp 470.891,63	Rp 160.103.154,20
<i>Dump Truck</i> Hino FM 260 JD	3		Rp 317.707,91	Rp 324.062.068,20
TOTAL				Rp 837.206.928,80

SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, komposisi kombinasi alat berat berubah dari RDB 2 *Excavator* 1 *Dump Truck* 4 menjadi RDB 2 *Excavator* 1 *Dump Truck* 3, namun produktivitas tetap terjaga sebesar 50,31 m³/jam dengan durasi pekerjaan yang tidak berubah, yaitu 340 jam. Biaya operasional mengalami penurunan signifikan, dari Rp945.227.618,20 menjadi Rp837.206.928,80 berkat pengurangan jumlah alat.

Efisiensi operasional meningkat melalui pengurangan *waste time*, sementara pengurangan *dump truck* menekan biaya terkait bahan bakar, perawatan, dan upah operator. Koordinasi yang lebih baik antara *excavator* dan *dump truck* menghasilkan siklus kerja yang lebih efisien, mengurangi waktu tidak produktif. Meskipun jumlah alat berkurang, tidak terjadi penurunan produktivitas maupun durasi pekerjaan, menegaskan bahwa biaya berhasil dioptimalkan tanpa mempengaruhi output proyek.

Secara keseluruhan, strategi pengurangan alat berat dan peningkatan produktivitas memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional dan penghematan biaya proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahar, S. B. (2016). Evaluasi Biaya Alat Berat Pada Proyek Peningkatan Jalan Lakapera-Wamengkoli Kabupaten Buton Tengah. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 2(2): 51–58.
- Chaplin, E. J., Samsunan, dan Aulia R. (2022). Analisis Biaya Operasi Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan. *JITU (Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA)*, 3(1): 42–48.
- Efriansyah, M., Prihutomo, N. B., dan Pramono, E. (2022). Analisis Produktivitas Excavator dan Dumptruck Pada Pekerjaan Galian Tanah pada Proyek Jalan Tol Jakarta – Cikampek II Selatan. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 4(1), 9-15
- Febrianti, D. A., Winanda, L. A. R., Roostrianawaty, N., dan Munasih. (2021). Efisiensi Biaya Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Proyek Bendungan. *Institut Teknologi Nasional Malang*.
- Kartasapoetra, A. G. (1991). *Teknologi Pengairan Pertanian Irigasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Keputusan Bupati Nomor: 600/471/Kpts/Per-UU/2023 tentang

Analisis Kombinasi Alat (Maharani/hal. 93-107)

- Standar Harga Jasa Konstruksi Dan Jasa Konsultansi Kabupaten Bogor Tahun Anggaran 2024.*
- Komatsu. (2004). *Manual Book for Hydraulic Excavator Specifications*. Jepang: Komatsu.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR.
- Putra, D. H. dan Nugraheni, F. (2018). Analisis Produktivitas Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII. *Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII 2018*, 1–8.
- Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta
- Setyawati, V. A., Fauziyah F., dan Kusumaningarti, M.. (2022). Analisis Metode Penyusutan Aset Tetap Berwujud Saldo Menurun untuk Menentukan Pajak Penghasilan Terutang. *Jurnal Cendekia Akuntansi (JCA)*, 3(2), 75.
- Sukindrawati, B., Kartika W., dan Sarju. (2023). Evaluasi Kinerja Waktu Dengan Metode Konsep Nilai Hasil. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 110–114.
- Tauro, S. P., Tjakra J., dan Malingkas, G. Y. (2013). Analisis Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah (Studi Kasus Perencanaan Bandar Udara Lokasi Desa Pusungi Kec. Ampana Tete Kab. Tojo Una-Una, Sulawesi Tengah). *Jurnal Sipil Statik*, 1(12), 764–773.
- Wattimena, M. dan Witjaksana B. (2023). Analisis Biaya dan Waktu Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Pada Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan Lingkar Selatan Kabupaten Sampang. *Jurnal Taguchi*, 3(1), 534–547.