

BAB V

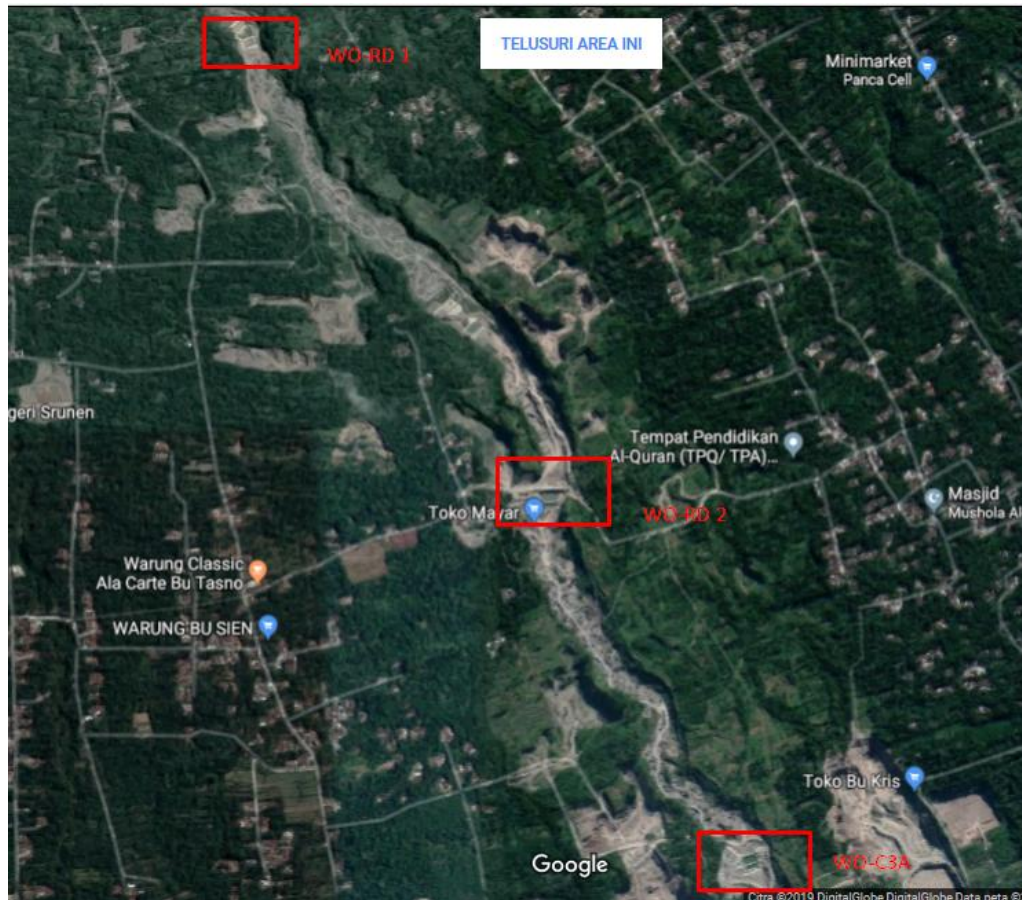
DATA DAN ANALISIS

Pada bab ini menyajikan data dan hasil analisis dari perhitungan data yang terdapat di lapangan maupun perhitungan alternatif penggunaan alat berat. Analisis tersebut antara lain perhitungan produktivitas alat, waktu penyelesaian dan biaya alat.

5.1. DATA PROYEK

Obyek penelitian ini adalah proyek pembangunan Sabodam WO-RD 2 Kecamatan Kaliworo Kabupaen Klaten Provinsi Jawa Tengah. Data proyek yang diperoleh antara lain:

Nama Proyek	: Proyek Sabodam Kaliworo WO-RD 2
Lokasi proyek	: Manisrenggo, Klaten, Jawa Tengah
Lama pekerjaan	: 720 hari
Volume galian	: 103.341,472 m ³
Volume timbunan	: 5.813,69 m ³
Jarak buang	: 142,25 m



Gambar 5.1 Peta Satelit lokasi Proyek Pembangunan Sabodam WO-RD 2 Kaliworo

5.2. PERHITUNGAN PRODUKSI ALAT BERAT

Angka produktivitas alat sangat mempengaruhi lamanya durasi pekerjaan tanah yang akan dilakukan. Maka dari itu harus dihitung sesuai dengan spesifikasi dan kondisi nyata dilapangan

5.2.1. Perhitungan Produktivitas *Wheel Loader*

Pada penelitian ini *wheel loader* mempunyai fungsi untuk memindahkan tanah dari *stockpile* ke *dump truck*. Proses pemuatan ke *dump truck* menggunakan metode V loading dengan jarak 20 m.

Wheel Loader type Caterpillar 926

D (Jarak angkut) = 20 m

F (kecepatan maju) = 8 km/jam

$$\begin{aligned}
 &= 8 \times 0,8 \\
 &= 6,4 \text{ km/jam} = 106,67 \text{ m/menit} \\
 R \text{ (kecepatan mundur)} &= 10 \text{ km/jam} \\
 &= 10 \times 0,8 \\
 &= 8 \text{ km/jam} = 133,33 \text{ m/menit} \\
 Z \text{ (Fixed Cycle time)} &= 0,2 \text{ menit} \\
 q_1 \text{ (kapasitas bucket)} &= 4 \text{ m}^3 \\
 K \text{ (fill factor)} &= 0,8 \\
 E \text{ (efisienfi kerja)} &= 0,83
 \end{aligned}$$

Kapasitas aktual *bucket* (q_1):

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K & (5.1) \\
 &= 4 \times 0,8 \\
 &= 3,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu siklus (C_m):

$$\begin{aligned}
 C_m &= \left(\frac{D}{F} + \frac{D}{R} \right) \times 2 + Z & (5.2) \\
 &= \left(\frac{20}{106,67} + \frac{20}{133,33} \right) \times 2 + 0,2 \\
 &= 1,07 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Produksi per jam (Q):

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 60 \times E}{C_m} & (5.3) \\
 &= \frac{3,2 \times 60 \times 0,83}{1,07} \\
 &= 148,24 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

5.2.2. Perhitungan Produktivitas *Excavator*

Pada penelitian ini *excavator* digunakan untuk menggali tanah asli kemudian langsung dibuang di *stockpile*. Berikut adalah produktivitas untuk pekerjaan galian:

Excavator type Komatsu PC 200

T1 (waktu gali) = 19 detik

T2 (waktu putar)	= 5 detik
T3 (waktu buang)	= 5 detik
q ₁ (kapasitas bucket)	= 0,97 m ³
K (fill factor)	= 0,8
Fk(faktor pengisian)	= 0,8
E (efisienfi kerja)	= 0,83

Kapasitas aktual *bucket* (q₁):

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K & (5.4) \\
 &= 0,97 \times 0,8 \\
 &= 0,776 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu siklus (Cm):

$$\begin{aligned}
 C_m &= \text{waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} & (5.5) \\
 &= 19 + 5 \times 2 + 5 \\
 &= 34 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Produksi per jam (Q):

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} & (5.6) \\
 &= \frac{0,776 \times 3600 \times 0,83}{34} \\
 &= 68,2 \text{ m}^3 / \text{jam}
 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini *excavator* juga digunakan untuk memuat *dump truck* sebagai salah satu alternatif. Berikut adalah produktivitas untuk pekerjaan muat/*loading*:

Excavator type Komatsu PC 200

T1 (waktu gali)	= 6 detik
T2 (waktu putar)	= 5 detik
T3 (waktu buang)	= 7 detik
q ₁ (kapasitas bucket)	= 0,97 m ³
K (fill factor)	= 0,8
Fk(faktor pengisian)	= 0,8

$$E \text{ (efisienfi kerja)} = 0,83$$

Kapasitas aktual *bucket* (q_1):

$$\begin{aligned} q &= q_1 \times K & (5.7) \\ &= 0,97 \times 0,8 \\ &= 0,776 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Waktu siklus (C_m):

$$\begin{aligned} C_m &= \text{waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} & (5.8) \\ &= 6 + 5 \times 2 + 7 \\ &= 23 \text{ detik} \end{aligned}$$

Produksi per jam (Q):

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} & (5.9) \\ &= \frac{0,776 \times 3600 \times 0,83}{23} \\ &= 100,81 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

5.2.3. Perhitungan Produktivitas *Dump Truck*

Pada penelitian ini *dump truck* digunakan untuk memindahkan tanah lepas dari *stock pile* menuju *quarry* dengan bantuan *wheel loader*. Pada proyek ini jarak *quarry* adalah 142,25 m. Nilai waktu angkut muat dan waktu angkut kosong (t_1 dan t_2) diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan dan dapat dilihat di lampiran.

1. Produktivitas *dump truck* untuk membuang tanah ke *quarry*

Dump truck dimuat loader:

Dump truck type 5 m³

$$t_1 \text{ (waktu angkut muat)} = 2,6 \text{ menit}$$

$$t_2 \text{ (waktu angkut kosong)} = 0,54 \text{ menit}$$

$$t_3 \text{ (waktu buang)} = 0,5 \text{ menit}$$

$$t_4 \text{ (waktu tunggu)} = 0,35 \text{ menit}$$

$$C_m \text{ (waktu siklus pemuat)} = 1,07 \text{ menit}$$

D (jarak angkut)	= 142,25 m
C (kapasitas bucket)	= 5 m ³
K (fill factor)	= 0,8
E (efisienfi kerja)	= 0,83
q ₁ (kapasitas bucket loader)	= 4 m ³

Jumlah siklus loader (n):

$$n = \frac{C}{q \times K} \quad (5.10)$$

$$n = \frac{5}{4 \times 0,8}$$

$$n = 1,56$$

$$n = 2$$

Produksi per siklus (q):

$$q = n \times q_1 \times K \quad (5.11)$$

$$q = 2 \times 0,97 \times 0,8$$

$$q = 6,4 \text{ m}^3$$

Waktu siklus (Cm):

$$Cm = n \times Cm_s + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (5.12)$$

$$= 1,56 \times 1,07 + 2,6 + 0,54 + 0,5 + 0,35$$

$$= 6,14 \text{ menit}$$

Produksi per jam (Q):

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \quad (5.13)$$

$$= \frac{6,4 \times 60 \times 0,8}{6,14}$$

$$= 51,91 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Dumpt truck dimuat *excavator*:

Dump truck type 5 m³

t₁ (waktu angkut muat) = 2,6 menit

t₂ (waktu angkut kosong) = 0,54 menit

t₃ (waktu buang) = 0,5 menit

t_4 (waktu tunggu)	= 0,35 menit
C_m (waktu siklus pemuat)	= 0,38 menit
D (jarak angkut)	= 142,25 m
C (kapasitas bucket)	= 5 m ³
K (fill factor)	= 0,8
E (efisienfi kerja)	= 0,83
q_1 (kapasitas bucket <i>exca</i>)	= 0,97 m ³

Jumlah siklus loader (n):

$$n = \frac{C}{q \times K} \quad (5.14)$$

$$n = \frac{5}{0,97 \times 0,8}$$

$$n = 6,44$$

$$n = 7$$

Produksi per siklus (q):

$$q = n \times q_1 \times K \quad (5.15)$$

$$q = 7 \times 0,97 \times 0,8$$

$$q = 5,432 \text{ m}^3$$

Waktu siklus (Cm):

$$C_m = n \times C_{m_s} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (5.16)$$

$$= 7 \times 0,38 + 2,6 + 0,54 + 0,5 + 0,35$$

$$= 6,67 \text{ menit}$$

Produksi per jam (Q):

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \quad (5.17)$$

$$= \frac{5,432 \times 60 \times 0,8}{6,67}$$

$$= 40,54 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

2. Produktivitas *dump truck* untuk membuang tanah ke lokasi timbunan

Dump truck dimuat loader:

Dump truck type 5 m³

t_1 (waktu angkut muat)	= 2,6 menit
t_2 (waktu angkut kosong)	= 0,54 menit
t_3 (waktu buang)	= 0,5 menit
t_4 (waktu tunggu)	= 0,2 menit
C_m (waktu siklus pemuat)	= 1,07 menit
D (jarak angkut)	= 25 m
C (kapasitas bucket)	= 5 m ³
K (fill factor)	= 0,8
E (efisienfi kerja)	= 0,83
q_1 (kapasitas bucket loader)	= 4 m ³

Jumlah siklus loader (n):

$$n = \frac{C}{q \times K} \quad (5.18)$$

$$n = \frac{5}{0,97 \times 0,8}$$

$$n = 1,56$$

$$n = 2$$

Produksi per siklus (q):

$$q = n \times q_1 \times K \quad (5.19)$$

$$q = 2 \times 0,97 \times 0,8$$

$$q = 6,4 \text{ m}^3$$

Waktu siklus (Cm):

$$C_m = n \times C_{m_s} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (5.20)$$

$$= 1,56 \times 1,07 + 2,6 + 0,54 + 0,5 + 0,2$$

$$= 5,99 \text{ menit}$$

Produksi per jam (Q):

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \quad (5.21)$$

$$= \frac{6,4 \times 60 \times 0,8}{5,99}$$

$$= 53,21 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Dump truck dimuat *excavator*:

Dump truck type 5 m³

t₁ (waktu angkut muat) = 2,6 menit

t₂ (waktu angkut kosong) = 0,54 menit

t₃ (waktu buang) = 0,5 menit

t₄ (waktu tunggu) = 0,2 menit

C_m (waktu siklus pemuat) = 0,38 menit

D (jarak angkut) = 142,25 m

C (kapasitas bucket) = 5 m³

K (fill factor) = 0,8

E (efisienfi kerja) = 0,83

q₁ (kapasitas bucket *exca*) = 0,97 m³

Jumlah siklus loader (n):

$$n = \frac{C}{q \times K} \quad (5.22)$$

$$n = \frac{5}{0,97 \times 0,8}$$

$$n = 6,44$$

$$n = 7$$

Produksi per siklus (q):

$$q = n \times q_1 \times K \quad (5.23)$$

$$q = 7 \times 0,97 \times 0,8$$

$$q = 5,432 \text{ m}^3$$

Waktu siklus (C_m):

$$C_m = n \times C_{m_s} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (5.24)$$

$$= 7 \times 0,38 + 2,6 + 0,54 + 0,5 + 0,2$$

$$= 6,52 \text{ menit}$$

Produksi per jam (Q):

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \quad (5.25)$$

$$= \frac{5,432 \times 60 \times 0,8}{6,67}$$

$$= 41,47 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

5.2.4. Perhitungan Produktivitas *Bulldozer*

Pada penelitian ini nilai kecepatan *bulldozer* diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan. Berikut adalah hasil pengamatan di lapangan:

Jarak	= 100 m
Waktu	= 92,3 detik
	= 1,538 menit
1,538 menit	= 100 m
1 menit	= 65,02 m
	= 65,02 m/menit
F	= 65 m/menit
	= 3,9 km/jam

Bulldozer type Komatsu D65

D (Jarak terjauh gusur)	= 100 m	
F (kecepatan maju)	= 3,9 km/jam	
	= 3,9 x 0,75	
	= 2,925 km/jam	= 48,75 m/menit
R (kecepatan mundur)	= 5,8 km/jam	
	= 5,8 x 0,85	
	= 4,9725 km/jam	= 82,875 m/menit
Z (<i>Fixed Cycle time</i>)	= 0,05 menit	
E (efisienfi kerja)	= 0,83	
L (lebar <i>blade</i>)	= 3,9 m	
K (tinggi <i>blade</i>)	= 1,1 m	
a (faktor <i>blade</i>)	= 0,8	

1. Produktivitas *bulldozer* untuk membuang tanah ke *quarry*

Kapasitas aktual *bucket* (q_1):

$$q = L \times H^2 \times a \quad (5.26)$$

$$\begin{aligned} q &= 3,2 \times 1,1^2 \times 0,8 \\ &= 3,84 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Waktu siklus (Cm):

$$Cm = \frac{D}{F} \times \frac{D}{R} + Z \quad (5.27)$$

$$\begin{aligned} Cm &= \frac{100}{48,75} \times \frac{100}{82,875} + 0,05 \\ &= 3,31 \text{ menit} \end{aligned}$$

Produksi per jam (Q):

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \quad (5.28) \\ &= \frac{3,84 \times 60 \times 0,83}{3,31} \\ &= 57,85 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

2. Produktivitas *bulldozer* untuk membuang tanah ke lokasi timbunan

D (Jarak terjauh gusur) = 25 m

Kapasitas aktual *bucket* (q_1):

$$q = L \times H^2 \times a \quad (5.29)$$

$$\begin{aligned} q &= 3,2 \times 1,1^2 \times 0,8 \\ &= 3,84 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Waktu siklus (Cm):

$$Cm = \frac{D}{F} \times \frac{D}{R} + Z \quad (5.30)$$

$$\begin{aligned} Cm &= \frac{25}{48,75} \times \frac{25}{82,875} + 0,05 \\ &= 0,86 \text{ menit} \end{aligned}$$

Produksi per jam (Q):

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \quad (5.31) \\ &= \frac{3,84 \times 60 \times 0,83}{0,86} \\ &= 221,38 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

5.3. VOLUME PEKERJAAN

Data yang didapatkan dari proyek adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Volume pekerjaan galian dan timbunan

Jenis Pekerjaan	Volume (m ³)
Galian tanah pasir berbatu kedalaman ≤ 3 m dan jarak buang (hauling distance) $0 < L \leq 50$ m dengan alat berat	30.562,05
Galian tanah pasir berbatu kedalaman ≤ 3 m dan jarak buang (hauling distance) $50 \text{ m} \leq L \leq 200$ m dengan alat berat	10.187,35
Galian tanah pasir berbatu kedalaman > 3 m dan jarak buang (hauling distance) $50 \text{ m} \leq L \leq 200$ m dengan alat berat	46.944,05
Galian cadas keras/batu kedalaman < 3 m dan jarak buang (hauling distance) $50 \text{ m} \leq L \leq 200$ m dengan alat berat	15.648,02
Urugan kembali bekas galian pasir berbatu dengan alat berat	5.813,69

$$\text{Volume Galian} = 103314,47 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Timbunan} = 5.813,69 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Volume Pekerjaan} = 109155,162 \text{ m}^3$$

Dari tabel diatas diketahui total volume galian tanah sebesar 103314,47 m³ sedangkan total volume timbunan/urug sebesar 5.813,69 m³. Dengan pertimbangan kontur yang rumit dengan tebing yang curam, maka proses penggalian dilakukan menggunakan alat *excavator*. Tanah hasil galian akan diangkut menuju *quarry* atau tempat pembuangan akhir menggunakan *dump truck*. Kemudian dalam memuat tanah ke *dump truck* memerlukan alat yaitu *wheel loader*. Jarak *quarry* dengan titik galian terjauh adalah 142,25 m. Setelah sampai *quarry*, tanah dihamparkan dengan alat *bulldozer*.

Tanah timbunan diambil dari tanah yang telah digali oleh *excavator* menggunakan bantuan *bulldozer* untuk menghamparkan.

5.4. PERHITUNGAN BIAYA RENTAL

Harga rental atau harga sewa alat berat didapatkan dari hasil wawancara dan permohonan data dari pelaksana proyek. Berikut adalah harga sewa untuk masing-masing alat berat.

1. Wheel Loader

Merek	: Caterpillar
Tipe/jenis	: 926
Harga sewa alat	: Rp 200.000,00 /jam
Bahan bakar	= 20 liter /jam x 10.100,00 = Rp 202.000,00 /jam
Operator	= 150.000,00 /hari / 8 jam = Rp 18.800,00 /jam
Harga sewa	= 200.000,00 + 202.000,00 + 18.800,00 = Rp 420.800,00 /jam

2. Excavator

Merek	: Komatsu
Tipe/jenis	: PC 200
Harga sewa alat	: Rp 150.000,00 /jam
Bahan bakar	= 20 liter /jam x 10.100,00 = Rp 202.000,00 /jam
Operator	= 150.000,00 /hari / 8 jam = Rp 18.800,00 /jam
Harga sewa	= 150.000,00 + 202.000,00 + 18.800,00 = Rp 370.800,00 /jam

3. Dump Truck

Merek	: Toyota Dyna
Tipe/jenis	: Kapasitas 5 m ³

Harga sewa alat = 450.000,00 /hari / 8 jam
 = Rp 56.250,00 /jam
 Bahan bakar = 3 liter /jam x 7.800,00
 = Rp 30.300,00 /jam
 Operator = 100.000,00 /hari / 8 jam
 = Rp 12.500,00 /jam
 Harga sewa = 56.250,00 + 30.300,00 + 12.500,00
 = Rp 99.050,00 /jam

4. Bulldozer

Merek : Komatsu
 Tipe/jenis : PC 200
 Harga sewa alat : Rp 200.000,00 /jam
 Bahan bakar = 20 liter /jam x 10.100,00
 = Rp 202.000,00 /jam
 Operator = 150.000,00 /hari / 8 jam
 = Rp 18.800,00 /jam
 Harga sewa = 150.000,00 + 202.000,00 + 18.800,00
 = Rp 420.800,00 /jam

Tabel 5.2 Harga Sewa Alat

Jenis Alat	Tipe	Biaya per Jam
<i>Wheel Loader</i>	Caterpillar 926	Rp 420.800,00
<i>Excavator</i>	Komatsu PC200	Rp 370.800,00
<i>Dump Truck</i>	Bak 5 m ³	Rp 99.050,00
<i>Bulldozer</i>	Komatsu D65P	Rp 420.800,00

Untuk perhitungan biaya rental keseluruhan alat berat digunakan metode *trial and error* hingga didapatkan biaya yang paling ekonomis.

5.4.1. Perhitungan Sesuai Keadaan Di Lapangan

Untuk mengetahui kapasitas produksi dan kebutuhan alat sesuai dengan keadaan yang terjadi di lapangan, penulis melakukan pengamatan langsung. Yang diamati adalah waktu tempuh *Dump Truck* dalam melakukan pembuangan ke *quarry* dan kecepatan *Bulldozer*.

Saat di lapangan alat berat yang digunakan adalah *Excavator*, *Bulldozer*, dan *Dump truck*. Dimana *excavator* mempunyai fungsi sebagai alat gali dan pemuat *dump truck*. Kemudian tanah hasil galian akan dipindah ke *stockpile* dan sisanya akan di-*dump* ke *quarry*. *Bulldozer* bertugas membantu meratakan tanah di *quarry* dan di lokasi timbunan.

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan galian:

1. Perhitungan Biaya *Excavator*

Berikut adalah perhitungan excavator untuk pekerjaan galian.

Jenis alat = *Excavator* Komatsu PC 200

Produktivitas = 68,2 m³/jam

Jumlah excavator = 1 buah

Produktivitas/hari = 68,2 x 8 x 2
= 545,57 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *gali*)

Produktivitas/hari = 545,57 m³/hari

Biaya rental = Rp 370.800,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 370.800,00 x 8 x 1
= Rp 2.966.400,00 hari

Volume tanah = 103314,47 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari
= 103314,47/545,57
= 189,37 hari

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan
= Rp 2.966.400,00 x 189,37
= Rp 561.747.168,00

Berikut adalah perhitungan excavator untuk pekerjaan galian.

Jenis alat	= <i>Excavator</i> Komatsu PC 200
Produktivitas	= 100,81 m ³ /jam
Jumlah excavator	= produktivitas gali/produktivitas muat = 68,2/100,81 = 0,68 = 1 buah
Produktivitas/hari	= 100,81 x 8 x 1 = 806,5 m ³ /hari
Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas <i>gali</i>)	
Produktivitas/hari	= 545,57 m ³ /hari
Biaya rental	= Rp 370.800,00 /jam
Biaya rental/hari	= Rp 370.800,00 x 8 x 1 = Rp 2.966.400,00 hari
Volume tanah	= 103314,47 m ³
Durasi pekerjaan	= volume pekerjaan/produktivitas per hari = 103314,47/545,57 = 189,37 hari
Total biaya rental	= Biaya rental per hari x durasi pekerjaan = Rp 2.966.400,00 x 189,37 = Rp 561.747.168,00
Mob demob	= Rp 2.000.000,00/alat = Rp 2.000.000,00 x 2 = Rp 4.000.000,00
Total Biaya	= Rp 561.747.168,00 + Rp 561.747.168,00 + Rp 4.000.000,00 = Rp 1.127.494.336,00

2. Perhitungan Biaya *dumptruck*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

Jenis alat	= <i>Dump Truck</i> 5 m ³
Produktivitas	= 40,54 m ³ /jam

Jumlah *dump truck* = produktivitas *exca*/produktivitas *dump truck*

$$= 100,81/40,54$$

$$= 2,49 \quad = 3 \text{ buah}$$

Produktivitas/hari = $40,54 \times 8 \times 3$

$$= 972,88 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *excavator*)

Produktivitas/hari = $545,57 \text{ m}^3/\text{hari}$

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 3

$$= \text{Rp } 2.377.200,00 \text{ /hari}$$

Volume tanah = $103314,47 \text{ m}^3$

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari

$$= 103314,47/545,57$$

$$= 189,37 \text{ hari}$$

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan

$$= \text{Rp } 2.377.200,00 \times 189,37$$

$$= \text{Rp } 450.170.364,00$$

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan timbunan.

Jenis alat = *Dump Truck* 5 m^3

Produktivitas = $41,47 \text{ m}^3/\text{jam}$

Jumlah *dump truck* = produktivitas *exca*/produktivitas *dump truck*

$$= 100,81/41,47$$

$$= 2,49 \quad = 3 \text{ buah}$$

Produktivitas/hari = $41,47 \times 8 \times 3$

$$= 995,25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *excavator*)

Produktivitas/hari = $806,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 3

$$= \text{Rp } 2.377.200,00 \text{ /hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69/806,5 \\
 &= 7,21 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari x durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 2.377.200,00 \times 7,21 \\
 &= \text{Rp } 17.139.612,00 \\
 \\
 \text{Total Biaya} &= \text{Rp } 450.170.364,00 + \text{Rp } 17.139.612,00 \\
 &= \text{Rp } 467.309.976,00
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Biaya *bulldozer*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Bulldozer Komatsu D65} \\
 \text{Produktivitas} &= 57,85 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } \textit{bulldozer} &= \text{produktivitas excavator/produktivitas } \textit{dozer} \\
 &= 100,81/57,85 \\
 &= 1,74 \quad = 2 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 57,85 \times 8 \times 2 \\
 &= 925,68 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas } \textit{dozer}) & \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 545,57 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 2 \\
 &= \text{Rp } 6.732.800,00 / \text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47 / 545,57 \\
 &= 189,37 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari x durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 6.732.800,00 \times 189,37
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 1.274.990.336,00$$

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan timbunan.

Jenis alat = Bulldozer Komatsu D65

Produktivitas = $221,38 \text{ m}^3/\text{jam}$

Jumlah *bulldozer* = produktivitas *excavator*/produktivitas *dozer*

$$= 100,81/221,38$$

$$= 0,45 = 1 \text{ buah}$$

Produktivitas/hari = $221,38 \times 8 \times 1$

$$= 1771,05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *excavator*)

Produktivitas/hari = $806,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

Biaya rental = Rp 420.800,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 420.800,00 x 8 x 1

$$= \text{Rp } 3.366.400,00 /\text{hari}$$

Volume tanah = 5813,69 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari

$$= 5813,69 / 806,5$$

$$= 7,21 \text{ hari}$$

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan

$$= \text{Rp } 3.366.400,00 \times 7,21$$

$$= \text{Rp } 24.271.744,00$$

Mob demob = Rp 2.000.000,00/alat

$$= \text{Rp } 2.000.000,00 \times 3$$

$$= \text{Rp } 6.000.000,00$$

Total Biaya = Rp 1.274.990.336,00 + Rp 24.271.744,00

$$+ \text{Rp } 6.000.000,00$$

$$= \text{Rp } 1.305.262.080,00$$

Setelah mengetahui keseluruhan biaya yang diperlukan untuk rental alat berat maka dapat disimpulkan bahwa:

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp } 1.127.494.336,00 + \text{Rp } 467.309.976,00 \\ &+ \text{Rp } 1.305.262.080,00 \\ &= \text{Rp } 2.900.066.392,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total waktu pekerjaan} &= 189,37 + 7,21 \\ &= 196,58 \text{ hari} \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Biaya Rental Di Lapangan

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
Excavator	2	Rp 1.127.494.336,00
Dump Truck	6	Rp 467.309.976,00
Bulldozer	3	Rp 1.305.262.080,00
Total		Rp 2.900.066.392,00

5.4.2. Perhitungan Alternatif I

Untuk alternatif I akan ditambahkan unit *wheel loader* untuk menambah variasi alat berat, dengan tujuan meningkatkan produktivitas. Sehingga alat berat yang digunakan adalah *Wheel Loader* Caterpillar 926 2 buah, *Excavator* Komatsu PC 200 3 buah, *Dump Truck* 5 m³ 6 buah, dan *Bulldozer* Komatsu D65 4 buah.

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan galian:

1. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

$$\text{Jenis alat} = \text{Wheel Loader Caterpillar 926}$$

$$\text{Produktivitas} = 148,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah Loader} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Produktivitas/hari} = 148,24 \times 8$$

$$= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

$$\text{Produktivitas/hari} = 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Biaya rental} = \text{Rp } 420.800,00 /\text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 \text{ /hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/1185,94 \\
 &= 87,12 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 \times 87,12 \\
 &= \text{Rp } 293.280.768,00
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya *Excavator*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Excavator Komatsu PC 200} \\
 \text{Produktivitas} &= 68,2 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah excavator} &= \text{produktivitas loader/produktivitas excavator} \\
 &= 148,24/68,2 \\
 &= 2,17 \quad = 3 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 68,2 \times 8 \times 3 \\
 &= 1636,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &\text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas loader)} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 370.800,00 \text{ /jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 370.800,00 \times 8 \times 3 \\
 &= \text{Rp } 8.899.200,00 \text{ /hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/1185,94 \\
 &= 87,12 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 8.899.200,00 \times 87,12 \\
 &= \text{Rp } 775.298.304,00
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Biaya *dumptruck*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

Jenis alat = *Dump Truck* 5 m³

Produktivitas = 51,91 m³/jam

Jumlah *dump truck* = produktivitas *loader*/produktivitas *dump truck*

= 148,24/51,91

= 2,8 = 3 buah

Produktivitas/hari = 51,91 x 8 x 3

= 1266,15 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

Produktivitas/hari = 1185,94 m³/hari

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 3

= Rp 2.377.200,00 /hari

Volume tanah = 103314,47 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari

= 103314,47 /1185,94

= 87,12 hari

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan

= Rp 2.377.200,00 x 87,12

= Rp 207.101.664,00

4. Perhitungan Biaya *bulldozer*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

Jenis alat = *Bulldozer* Komatsu D65

Produktivitas = 57,85 m³/jam

Jumlah *bulldozer* = produktivitas *loader*/produktivitas *bulldozer*

= 148,24/57,85

= 2,56 = 3 buah

Produktivitas/hari = 57,85 x 8 x 3

= 1388,52 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

$$\text{Produktivitas/hari} = 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Biaya rental} = \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 3 \\ &= \text{Rp } 10.099.200,00 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume tanah} = 103314,47 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\ &= 103314,47 / 1185,94 \\ &= 87,12 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\ &= \text{Rp } 10.099.200,00 \times 87,12 \\ &= \text{Rp } 879.842.304,00 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan timbunan:

1. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

$$\text{Jenis alat} = \text{Wheel Loader Caterpillar 926}$$

$$\text{Produktivitas} = 148,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah Loader} = 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas/hari} &= 148,24 \times 8 \\ &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

$$\text{Produktivitas/hari} = 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Biaya rental} = \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \\ &= \text{Rp } 3.366.400,00 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume tanah} = 5813,69 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\ &= 5813,69 / 1185,94 \\ &= 4,9 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\ &= \text{Rp } 3.366.400,00 \times 4,9 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 16.529.024,00$$

2. Perhitungan Biaya *Dump Truck*

Jenis alat = *Dump Truck* 5 m³

Produktivitas = 53,21 m³/jam

Jumlah *dump truck* = produktivitas *loader*/produktivitas *dump truck*

$$= 148,24/53,21$$

$$= 2,78 \quad = 3 \text{ buah}$$

Produktivitas/hari = 53,21 x 8 x 3

$$= 1277,01 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

Produktivitas/hari = 1185,94 m³/hari

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 2

$$= \text{Rp } 2.377.200,00 /\text{hari}$$

Volume tanah = 5813,69 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari

$$= 5813,69 /1185,94$$

$$= 4,90 \text{ hari}$$

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan

$$= \text{Rp } 2.377.200,00 \times 4,90$$

$$= \text{Rp } 11.672.052,00$$

3. Perhitungan Biaya *bulldozer*

Jenis alat = *Bulldozer* Komatsu D65

Produktivitas = 221,38 m³/jam

Jumlah *bulldozer* = produktivitas *loader*/produktivitas *dozer*

$$= 148,24/221,38$$

$$= 0,669 \quad = 1 \text{ buah}$$

Produktivitas/hari = 221,38 x 8 x 1

$$= 1771,05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 1 \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 / \text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69/1185,94 \\
 &= 4,90 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.200.000,00 \times 4,90 \\
 &= \text{Rp } 16.529.024,00
 \end{aligned}$$

Untuk alat yang dimobilisasi dan demobilisasi adalah 2 *wheel loader*, 3 *excavator*, dan 4 *bulldozer*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mob demob} &= \text{Rp } 2.000.000,00/\text{alat} \\
 &= \text{Rp } 2.000.000,00 \times (2+3+4) \\
 &= \text{Rp } 4.000.000,00 + \text{Rp } 6.000.000,00 \\
 &+ \text{Rp } 8.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 18.000.000,00
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui keseluruhan biaya yang diperlukan untuk rental alat berat maka dapat disimpulkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya} &= \text{Rp } 775.298.304,00 + \text{Rp } 293.280.768,00 \\
 &+ \text{Rp } 16.529.024,00 + \text{Rp } 207.101.664,00 \\
 &+ \text{Rp } 11.672.052,00 + \text{Rp } 879.842.304,00 \\
 &+ \text{Rp } 16.529.024,00 + \text{Rp } 18.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 2.218.253.140,00 \\
 \text{Total waktu pekerjaan} &= 87,12 + 4,9 \\
 &= 92,02 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Biaya Rental Alternatif I

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
Wheel Loader	2	Rp 313.809.792,00
Excavator	3	Rp 781.298.304,00
Dump Truck	6	Rp 218.773.716,00
Bulldozer	4	Rp 904.371.328,00
Total		Rp 2.218.253.140,00

5.4.3. Perhitungan Alternatif II

Untuk alternatif II alat berat yang digunakan adalah *Wheel Loader* Caterpillar 926 3 buah, *Excavator* Komatsu PC 200 4 buah, dan *Dump Truck* 5 m³ 8 buah, dan *Bulldozer* Komatsu D65 5 buah.

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan galian:

1. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

Jenis alat = *Wheel Loader* Caterpillar 926

Produktivitas = 148,24 m³/jam

Jumlah Loader = 2 buah

Produktivitas/hari = 148,24 x 8 x 2
= 2371,88 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *bulldozer*)

Produktivitas/hari = 1851,36 m³/hari

Biaya rental = Rp 420.800,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 420.800,00 x 8 x 2
= Rp 6.732.800,00 /hari

Volume tanah = 103314,47 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari
= 103314,47/1851,36
= 55,80 hari

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan
= Rp 6.732.800,00 x 55,80
= Rp 375.757.568,00

2. Perhitungan Biaya *Excavator*

Jenis alat = *Excavator* Komatsu PC 200

Produktivitas = 68,2 m³/jam

Jumlah *excavator* = 4 buah

Produktivitas/hari = 68,2 x 8 x 4
= 2182,29 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *bulldozer*)

Produktivitas/hari = 1851,36 m³/hari

Biaya rental = Rp 370.800,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 370.800,00 x 8 x 4
= Rp 11.865.600,00 /hari

Volume tanah = 103314,47 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari
= 103314,47/1851,36
= 55,80 hari

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan
= Rp 11.865.600,00 x 55,80
= Rp 662.219.136,00

3. Perhitungan Biaya *dumptruck*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

Jenis alat = *Dump Truck* 5 m³

Produktivitas = 51,91 m³/jam

Jumlah *dump truck* = 5 buah

Produktivitas/hari = 51,91 x 8 x 5
= 2076,35 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *bulldozer*)

Produktivitas/hari = 1851,36 m³/hari

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 5

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 3.962.000,00 \text{ /hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/1851,36 \\
 &= 55,80 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari x durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.962.000,00 \times 55,80 \\
 &= \text{Rp } 221.119.220,00
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Biaya *bulldozer*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke quarry.

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Bulldozer Komatsu D65} \\
 \text{Produktivitas} &= 57,85 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } \textit{bulldozer} &= 4 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 57,85 \times 8 \times 4 \\
 &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &\text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas } \textit{loader}) \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 \text{ /jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 4 \\
 &= \text{Rp } 13.465.600,00 \text{ /hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/1851,36 \\
 &= 55,80 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari x durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 13.465.600,00 \times 55,80 \\
 &= \text{Rp } 751.515.136,00
 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan timbunan:

1. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69 / 1185,94 \\
 &= 4,90 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari x durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 2.377.200,00 \times 4,90 \\
 &= \text{Rp } 11.672.052,00
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Biaya *bulldozer*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Bulldozer Komatsu D65} \\
 \text{Produktivitas} &= 221,38 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } \textit{bulldozer} &= \text{produktivitas loader/produktivitas dozer} \\
 &= 148,24/221,38 \\
 &= 0,669 \quad = 1 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 221,38 \times 8 \times 1 \\
 &= 1771,05 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas loader)} & \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 1 \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 / \text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69/1185,94 \\
 &= 4,90 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari x durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.200.000,00 \times 4,90 \\
 &= \text{Rp } 16.529.024,00
 \end{aligned}$$

Untuk alat yang dimobilisasi dan demobilisasi adalah 3 *wheel loader*, 4 *excavator*, dan 5 *bulldozer*.

$$\text{Mob demob} = \text{Rp } 2.000.000,00/\text{alat}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 2.000.000,00 \times (3+4+5) \\
 &= \text{Rp } 6.000.000,00 + \text{Rp } 8.000.000,00 \\
 &+ \text{Rp } 10.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 24.000.000,00
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui keseluruhan biaya yang diperlukan untuk rental alat berat maka dapat disimpulkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya} &= \text{Rp } 662.219.136,00 + \text{Rp } 375.757.568,00 \\
 &+ \text{Rp } 16.529.024,00 + \text{Rp } 221.119.220,00 \\
 &+ \text{Rp } 11.672.052,00 + \text{Rp } 879.842.304,00 \\
 &+ \text{Rp } 16.529.024,00 + \text{Rp } 24.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 2.079.341.160,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu pekerjaan} &= 55,81 + 4,9 \\
 &= 60,71 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Biaya Rental Alternatif II

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
Wheel Loader	3	Rp 398.286.592,00
Excavator	4	Rp 670.219.136,00
Dump Truck	8	Rp 232.791.272,00
Bulldozer	5	Rp 778.044.160,00
Total		Rp 2.079.341.160,00

5.4.4. Perhitungan Alternatif III

Untuk alternatif III alat berat yang digunakan adalah *Wheel Loader* Caterpillar 926 3 buah, *Excavator* Komatsu PC 200 4 buah, dan *Dump Truck* 5 m³ 9 buah, dan *Bulldozer* Komatsu D65 6 buah.

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan galian:

1. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Wheel Loader Caterpillar 926} \\
 \text{Produktivitas} &= 148,24 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah Loader} &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas/hari} &= 148,24 \times 8 \times 2 \\
 &= 2371,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas } &\textit{excavator}) \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 2182,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 /\text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 2 \\
 &= \text{Rp } 6.732.800,00 /\text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/2182,29 \\
 &= 47,34 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 6.732.800,00 \times 47,34 \\
 &= \text{Rp } 318.798.080,00
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya *Excavator*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \textit{Excavator} \text{ Komatsu PC 200} \\
 \text{Produktivitas} &= 68,2 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } &\textit{excavator} = 4 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 68,2 \times 8 \times 4 \\
 &= 2182,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas } &\textit{excavator}) \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 2182,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 370.800,00 /\text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 370.800,00 \times 8 \times 4 \\
 &= \text{Rp } 11.865.600,00 /\text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/2182,29 \\
 &= 47,34 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan}
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 11.865.600,00 \times 47,34$$

$$= \text{Rp } 561.836.160,00$$

3. Perhitungan Biaya *dumptruck*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

Jenis alat = *Dump Truck* 5 m³

Produktivitas = 51,91 m³/jam

Jumlah *dump truck* = 6 buah

Produktivitas/hari = 51,91 x 8 x 6
= 2491,62 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *excavator*)

Produktivitas/hari = 2182,29 m³/hari

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 6
= Rp 4.754.400,00 /hari

Volume tanah = 103314,47 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari
= 103314,47/2182,29
= 47,34 hari

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan
= Rp 4.754.400,00 x 47,34
= Rp 225.120.840,00

4. Perhitungan Biaya *bulldozer*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

Jenis alat = *Bulldozer* Komatsu D65

Produktivitas = 57,85 m³/jam

Jumlah *bulldozer* = 5 buah

Produktivitas/hari = 57,85 x 8 x 5
= 2314,19 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *excavator*)

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas/hari} &= 2182,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 5 \\
 &= \text{Rp } 16.832.000,00 / \text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47/2182,29 \\
 &= 47,34 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 16.832.000,00 \times 47,34 \\
 &= \text{Rp } 796.995.200,00
 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan timbunan:

1. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Wheel Loader Caterpillar 926} \\
 \text{Produktivitas} &= 148,24 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah Loader} &= 1 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 148,24 \times 8 \\
 &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas loader)} & \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 / \text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69 / 1185,94 \\
 &= 4,9 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 \times 4,9 \\
 &= \text{Rp } 16.529.024,00
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya *Dump Truck*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Dump Truck } 5 \text{ m}^3 \\
 \text{Produktivitas} &= 53,21 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah dump truck} &= \text{produktivitas loader}/\text{produktivitas dump truck} \\
 &= 148,24/53,21 \\
 &= 2,78 \quad = 3 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 53,21 \times 8 \times 3 \\
 &= 1277,01 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &\text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas loader)} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 99.050,00 /\text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 99.050,00 \times 8 \times 2 \\
 &= \text{Rp } 2.377.200,00 /\text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan}/\text{produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69 /1185,94 \\
 &= 4,90 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 2.377.200,00 \times 4,90 \\
 &= \text{Rp } 11.672.052,00
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Biaya *bulldozer*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis alat} &= \text{Bulldozer Komatsu D65} \\
 \text{Produktivitas} &= 221,38 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah bulldozer} &= \text{produktivitas loader}/\text{produktivitas dozer} \\
 &= 148,24/221,38 \\
 &= 0,669 \quad = 1 \text{ buah} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 221,38 \times 8 \times 1 \\
 &= 1771,05 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &\text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas loader)} \\
 \text{Produktivitas/hari} &= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 1 \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 / \text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69/1185,94 \\
 &= 4,90 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.200.000,00 \times 4,90 \\
 &= \text{Rp } 16.529.024,00
 \end{aligned}$$

Untuk alat yang dimobilisasi dan demobilisasi adalah 3 *wheel loader*, 4 *excavator*, dan 6 *bulldozer*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mob demob} &= \text{Rp } 2.000.000,00 / \text{alat} \\
 &= \text{Rp } 2.000.000,00 \times (3+4+6) \\
 &= \text{Rp } 6.000.000,00 + \text{Rp } 8.000.000,00 \\
 &+ \text{Rp } 12.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 26.000.000,00
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui keseluruhan biaya yang diperlukan untuk rental alat berat maka dapat disimpulkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya} &= \text{Rp } 561.836.160,00 + \text{Rp } 318.798.080,00 \\
 &+ \text{Rp } 16.529.024,00 + \text{Rp } 225.120.840,00 \\
 &+ \text{Rp } 11.672.052,00 + \text{Rp } 796.995.200,00 \\
 &+ \text{Rp } 16.529.024,00 + \text{Rp } 26.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 1.973.480.380,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu pekerjaan} &= 47,34 + 4,9 \\
 &= 52,24 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Biaya Rental Alternatif III

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
Wheel Loader	3	Rp 341.327.104,00

Excavator	4	Rp 569.836.160,00
Dump Truck	9	Rp 236.792.892,00
Bulldozer	6	Rp 825.524.224,00
Total		Rp 1.973.480.380,00

5.4.5. Perhitungan Alternatif IV

Untuk alternatif IV *excavator* mempunyai fungsi sebagai alat gali dan pemuat *dumptruck*. *Dumptruck* kemudian akan membawa tanah galian ke *stockpile* untuk pekerjaan timbunan. Sedangkan sisanya akan dibawa ke *quarry* untuk dibuang. Dalam pekerjaan timbunan, *dump truck* akan dibantu *wheel loader* untuk menimbun dan memaparkan tanah. Bulldozer akan membantu memaparkan tanah di *quarry* sehingga tidak menumpuk dan memperlama siklus *dump truck*.

Kombinasi alat berat yang digunakan adalah *Wheel Loader* Caterpillar 926 1 buah, *Excavator* Komatsu PC 200 5 buah, dan *Dump Truck* 5 m³ 8 buah, dan *Bulldozer* Komatsu D65 3 buah.

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan galian:

1. Perhitungan Biaya *Excavator* untuk menggali

Jenis alat = *Excavator* Komatsu PC 200

Produktivitas = 68,20 m³/jam

Jumlah *excavator* = 3 buah

Produktivitas/hari = 68,20 x 8 x 3

= 1636,72 m³/hari

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *dumptruck*)

Produktivitas/hari = 1297,17 m³/hari

Biaya rental = Rp 370.800,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 370.800,00 x 8 x 3

= Rp 8.899.200,00/hari

Volume tanah = 103314,47 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari

= 103314,47/1297,17

= 79,65 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 8.899.200,00 \times 79,65 \\
 &= \text{Rp } 708.821.280,00
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya *Excavator* untuk memuat

$$\text{Jenis alat} = \text{Excavator Komatsu PC 200}$$

$$\text{Produktivitas} = 100,81 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah excavator} = 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas/hari} &= 100,81 \times 8 \times 2 \\
 &= 1613,0 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *dumptruck*)

$$\text{Produktivitas/hari} = 1297,17 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Biaya rental} = \text{Rp } 370.800,00 / \text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 370.800,00 \times 8 \times 2 \\
 &= \text{Rp } 5.932.800,00 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tanah} = 103314,47 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan} / \text{produktivitas per hari} \\
 &= 103314,47 / 1297,17 \\
 &= 79,65 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 5.932.800,00 \times 79,65 \\
 &= \text{Rp } 472.547.520,00
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Biaya *dumptruck*

$$\text{Jenis alat} = \text{Dump Truck } 5 \text{ m}^3$$

$$\text{Produktivitas} = 40,54 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah dump truck} = 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas/hari} &= 40,54 \times 8 \times 4 \\
 &= 1297,17 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *dumptruck*)

$$\text{Produktivitas/hari} = 1297,17 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya rental} &= \text{Rp } 99.050,00 \text{ /jam} \\
\text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 99.050,00 \times 8 \times 4 \\
&= \text{Rp } 3.169.600,00 \text{ /hari} \\
\text{Volume tanah} &= 103314,47 \text{ m}^3 \\
\text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
&= 103314,47 /1297,17 \\
&= 79,65 \text{ hari} \\
\text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
&= \text{Rp } 3.169.600,00 \times 79,65 \\
&= \text{Rp } 252.458.640,00
\end{aligned}$$

4. Perhitungan Biaya *bulldozer*

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan pembuangan ke *quarry*.

$$\begin{aligned}
\text{Jenis alat} &= \text{Bulldozer Komatsu D65} \\
\text{Produktivitas} &= 57,85 \text{ m}^3/\text{jam} \\
\text{Jumlah } \textit{bulldozer} &= 3 \text{ buah} \\
\text{Produktivitas/hari} &= 57,85 \times 8 \times 3 \\
&= 1388,52 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas } \textit{dumptruck}) & \\
\text{Produktivitas/hari} &= 1297,17 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Biaya rental} &= \text{Rp } 420.800,00 \text{ /jam} \\
\text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 3 \\
&= \text{Rp } 10.099.200,00 \text{ /hari} \\
\text{Volume tanah} &= \text{volume tanah galian} - \text{volume tanah urug} \\
&= 103314,47 - 5813,69 \\
&= 97500,78 \text{ m}^3 \\
\text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
&= 97500,78 /1297,17 \\
&= 75,16 \text{ hari} \\
\text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
&= \text{Rp } 10.099.200,00 \times 116,18
\end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 759.156.864,00$$

Berikut adalah perhitungan untuk pekerjaan timbunan:

1. Perhitungan Biaya *Dump Truck*

Jenis alat = *Dump Truck* 5 m³

Produktivitas = 41,47 m³/jam

Jumlah *dump truck* = 4 buah

Produktivitas/hari = 41,47 x 8 x 4

$$= 1326,99 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

Produktivitas/hari = 1185,94 m³/hari

Biaya rental = Rp 99.050,00 /jam

Biaya rental/hari = Rp 99.050,00 x 8 x 4

$$= \text{Rp } 3.169.600,00 /\text{hari}$$

Volume tanah = 5813,69 m³

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan/produktivitas per hari

$$= 5813,69 / 1185,94$$

$$= 4,9 \text{ hari}$$

Total biaya rental = Biaya rental per hari x durasi pekerjaan

$$= \text{Rp } 3.169.600,00 \times 4,9$$

$$= \text{Rp } 15.562.736,00$$

2. Perhitungan Biaya *Wheel Loader*

Jenis alat = *Wheel Loader* Caterpillar 926

Produktivitas = 148,24 m³/jam

Jumlah *Loader* = 1 buah

Produktivitas/hari = 148,24 x 8 x 1

$$= 1185,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas digunakan yang paling rendah (produktivitas *loader*)

Produktivitas/hari = 1185,94 m³/hari

Biaya rental = Rp 420.800,00 /jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya rental/hari} &= \text{Rp } 420.800,00 \times 8 \times 1 \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 \text{ /hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 5813,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{volume pekerjaan/produktivitas per hari} \\
 &= 5813,69 / 1185,94 \\
 &= 4,9 \text{ hari} \\
 \text{Total biaya rental} &= \text{Biaya rental per hari} \times \text{durasi pekerjaan} \\
 &= \text{Rp } 3.366.400,00 \times 6,41 \\
 &= \text{Rp } 16.529.024,00
 \end{aligned}$$

Untuk alat yang dimobilisasi dan demobilisasi adalah 1 *wheel loader*, 5 *excavator*, dan 3 *bulldozer*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mob demob} &= \text{Rp } 2.000.000,00/\text{alat} \\
 &= \text{Rp } 2.000.000,00 \times (1+5+3) \\
 &= \text{Rp } 2.000.000,00 + \text{Rp } 10.000.000,00 \\
 &+ \text{Rp } 6.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 18.000.000,00
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui keseluruhan biaya yang diperlukan untuk rental alat berat maka dapat disimpulkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya} &= \text{Rp } 738.660.000,00 + \text{Rp } 590.928.000,00 \\
 &+ \text{Rp } 252.458.640,00 + \text{Rp } 15.562.736,00 \\
 &+ \text{Rp } 759.156.864,00 + \text{Rp } 18.000.000,00 \\
 &= \text{Rp } 2.259.076.064,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu pekerjaan} &= 79,65 + 4,9 \\
 &= 84,64 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Biaya Rental Alternatif IV

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
Wheel Loader	1	Rp 18.529.024,00
Excavator	5	Rp 1.191.368.800,00
Dump Truck	8	Rp 268.021.376,00

Bulldozer	3	Rp 765.156.864,00
Total		Rp 2.259.076.064,00