

OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PEKERJAAN TIMBUNAN MAINDAM BENDUNGAN X PAKET I

Intan Puspita Sari¹, Sitti Safiatus Riskijah², Agus Sugiarto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

puspitaintan41@gmail.com¹, sitti.safiatus@polinema.ac.id²,

ABSTRAK

Timbunan *maindam* pada Bendungan X di Kabupaten X merupakan bagian utama dari pekerjaan tanah pada proyek ini. Sebagai pelaksana konstruksi, kontraktor dituntut untuk dapat menentukan jumlah dan kombinasi alat berat yang optimum agar dibutuhkan biaya yang minimum. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah dan kombinasi alat berat dengan biaya yang paling optimum dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya, spesifikasi yang disyaratkan, serta waktu yang ditargetkan. Data yang digunakan adalah gambar rencana, spesifikasi pekerjaan, jadwal pekerjaan timbunan *maindam*, dan HSPK Kabupaten X. Analisa Harga Satuan Pekerjaan berdasarkan PerMen PUPR No 28 Tahun 2016 dan optimasi menggunakan program LINDO 6.1. Hasil optimasi yaitu pada zona 1 dipilih kombinasi 2 yaitu 1 unit *excavator*, 2 unit *dumptruck*, 1 unit *bulldozer*, 1 unit *vibrator roller*, dan 1 unit *watertank truck* dengan biaya optimum Rp. 4.307.578; pada zona 2 dipilih kombinasi 2 yaitu 1 unit *excavator*, 1 unit *dumptruck*, 1 unit *bulldozer*, 1 unit *vibrator roller*, dan 1 unit *watertank truck* dengan biaya optimum Rp. 3.620.870; pada zona 3 dipilih kombinasi 2 yaitu 1 unit *excavator*, 1 unit *dumptruck*, 1 unit *bulldozer*, dan 1 unit *vibrator roller* dengan biaya optimum Rp. 2.953.201; pada zona 4 dipilih kombinasi 2 yaitu 5 unit *excavator*, 11 unit *dumptruck*, 2 unit *bulldozer*, 2 unit *vibrator roller*, dan 4 unit *watertank truck* dengan biaya optimum Rp. 17.201.484; pada zona 5 dipilih kombinasi 1 yaitu 1 unit *excavator*, dan 2 unit *dumptruck* dengan biaya optimum Rp. 2.188.094; pada zona 6 dipilih kombinasi 2 yaitu 1 unit *excavator*, 1 unit *dumptruck*, 1 unit *bulldozer*, dan 1 unit *vibrator roller* dengan biaya optimum Rp. 2.953.201.

Kata kunci : timbunan;maindam;alat berat;optimasi.

ABSTRACT

The maindam embankment at Dam X in District X is a major part of the earthworks for this project. As a construction contractor, contractors are required to be able to determine the optimum number and combination of heavy equipment so that minimum costs are required. This study aims to determine the number and combination of heavy equipment with the most optimum cost and taking into account the availability of resources, the required specifications, and the targeted time. The data used are plan drawings, job specifications, maindam embankment work schedules, and District X HSPK. Analysis of Work Unit Prices based on PUPR Ministerial Regulation No. 28 of 2016 and optimization using the LINDO 6.1 program. The optimization results are in zone 1, a combination of 2 is chosen, namely 1 excavator unit, 2 dumptruck unit, 1 bulldozer unit, 1 vibrator roller unit, and 1 watertank truck unit with an optimum cost of Rp. 4,307,578; In zone 2, a combination of 2 is chosen, namely 1 excavator, 1 dumptruck, 1 bulldozer, 1 vibrator roller, and 1 watertank truck unit with an optimum cost of Rp. 3,620,870; in zone 3, a combination of 2 is chosen, namely 1 excavator unit, 1 dumptruck unit, 1 bulldozer unit, and 1 vibrator roller unit with an optimum cost of Rp. 2,953,201; in zone 4, combination 2 was chosen, namely 5 excavators, 11 dump trucks, 2 bulldozers, 2 vibrator rollers, and 4 water tank trucks with an optimum cost of Rp. 17,201,484; in zone 5, a combination of 1 is chosen, namely 1 excavator unit and 2 dumptruck units with an optimum cost of Rp. 2,188,094; in zone 6, a combination of 2 was chosen, namely 1 excavator unit, 1 dumptruck unit, 1 bulldozer unit, and 1 vibrator roller unit with an optimum cost of Rp. 2,953,201

Keywords : embankment;maindam;heavy equipment;optimization.

1. PENDAHULUAN

Bendungan adalah kontruksi bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun dengan fungsi untuk menahan dan menampung air. Tipe Bendungan ini adalah tipe zona I inti tegak dengan inti di tengah. Sebagai pelaksana kontruksi, kontraktor dituntut untuk dapat menentukan jumlah alat, kombinasi alat, dan waktu operasi alat yang digunakan, agar biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan minimal. Dengan adanya masalah tersebut, maka perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan solusi terbaik, salah satunya adalah dengan cara melakukan optimasi penggunaan alat berat sehingga pekerjaan proyek dapat selesai tepat waktu dengan biaya seminimum mungkin, dan tetap sesuai spesifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah dan kombinasi alat berat yang paling optimum menggunakan metode simpleks.

Untuk mendapatkan hasil optimasi alat berat tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1-8.

Produktivitas alat berat :

$$\text{Produktivitas alat berat Excavator} = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts} \tag{1}$$

$$\text{Produktivitas alat berat Dumptruck} = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts}$$

Produktivitas alat berat Bulldozer

$$= \frac{l \times (n(L-L0)+L0) \times Fa \times Fb \times Fm \times 60}{Ts \times n \times N}$$

$$\text{Produktivitas alat berat Vibrator roller} = \frac{v \times 1000 \times b \times t \times Fa}{n}$$

$$\text{Produktivitas alat berat Watertank truck} = \frac{v \times n \times fa}{Wc}$$

Biaya bahan bakar solar =

$$(0,125 - 0,175 \text{ liter/HP/jam}) \times \text{HP} \times \text{Ms} \text{ (Rp/jam)} \tag{2}$$

Biaya oli pelumas =

$$(0,01 - 0,02 \text{ liter/HP/jam}) \times \text{HP} \times \text{M} \tag{3}$$

Proses Optimasi: (4)

Variabel keputusan : X = Jumlah unit alat berat

Fungsi tujuan : C = Biaya penggunaan alat berat

$$\text{Fungsi kendala volume : } V = \frac{\text{volume total}}{\text{durasi total}}$$

Fungsi kendala ketergantungan alat :

$$\text{excavator dengan dumptruck} = 0.829X_1 - 2.052X_2 \leq 0$$

$$\text{dump truck dengan bulldozer} = 0.437X_3 - 2.052X_2 \leq 0$$

$$\text{bulldozer dengan watertank truck} = 0.381X_5 - 0.437X_5 \leq 0$$

$$\text{watertank truck dengan vibro roller} = 0.381X_5 - 0.476X_4 \leq 0$$

$$\text{Fungsi kendala ketidaknegatifan} = X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$$

Optimasi menggunakan aplikasi lindo

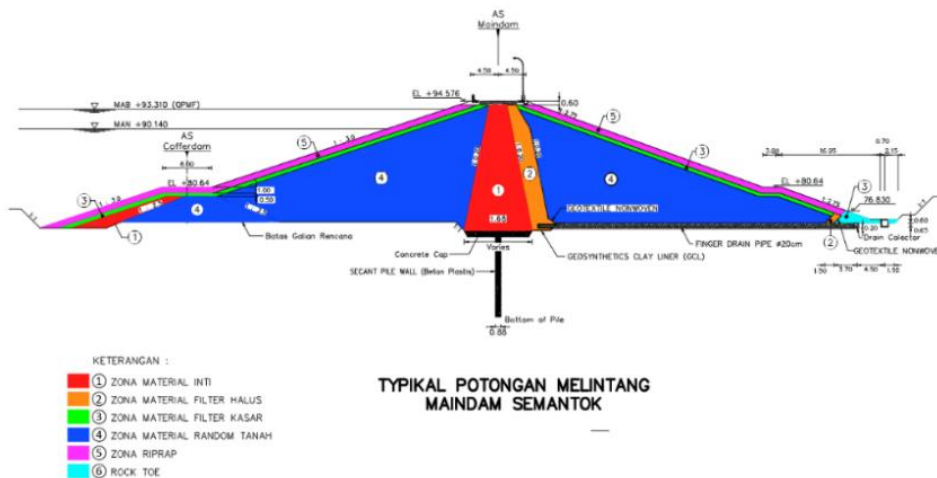
2. METODE

Penelitian ini dibutuhkan data sekunder yang seluruhnya diperoleh dari pihak proyek seperti *site plan*, gambar perencanaan, spesifikasi pekerjaan timbunan *Main Dam*, HSPK Kabupaten X, dan jadwal rencana/kurva S.

Langkah-langkah dalam analisis data yaitu mengidentifikasi item pekerjaan timbunan main dam sesuai zona, menentukan volume pekerjaan tiap zona, menyusun metode pelaksanaan pekerjaan, menentukan jenis dan tipe alat berat, menghitung produktivitas alat berat, menyusun alternatif kombinasi alat berat, menghitung biaya penggunaan alat berat, melakukan optimasi untuk setiap alternatif kombinasi alat berat menggunakan metode simpleks dengan bantuan aplikasi Lindo 6.1, menentukan kombinasi alat berat yang paling optimum, dan pengambilan keputusan/kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penentuan alat berat pekerjaan timbunan *maindam* perlu diketahui item pekerjaan— pada setiap zona nya seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Potongan Melintang Pekerjaan Timbunan *Maindam* Bendungan X Paket I

Volume Pekerjaan Timbunan Maindam

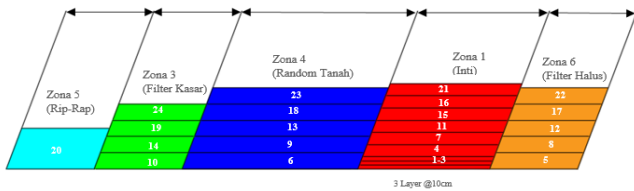
Berdasarkan data proyek, volume timbunan *maindam* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Volume Timbunan Maindam

Timbunan	Material timbunan	Volume
Zona 1	Inti	218.430,79 m ³
Zona 2	Filter halus	95.174,51 m ³
Zona 3	Filter kasar	97.840,92 m ³
Zona 4	Random tanah	1.104.388,61 m ³
Zona 5	Riprap	159.596,13 m ³
Zona 6	Rocktoe	12.196,52 m ³

Metode Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Maindam

Pelaksanaan pekerjaan timbunan akan dilakukan secara simultan antara timbunan zona satu dengan lainnya. Simulasi pelaksanaan timbunan *maindam* sesuai dengan ilustrasi yang ditunjukkan pada Gambar 3. Urutan pelaksanaan pekerjaan timbunan disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Ilustrasi Pekerjaan Timbunan Maindam Bendungan X Paket I

Tabel 2. Urutan Pekerjaan Timbunan Maindam

Zona	Urutan/ Tinggi	Layer						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Urutan	1-3	4	7	11	15	16	21
	Tinggi	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
2	Urutan	5	8	12	17	22		
	Tinggi	0,4	0,8	1,2	1,6	2		
3	Urutan	10	14	19	24			
	Tinggi	0,4	0,8	1,2	1,6			
4	Urutan	6	9	13	18	23		
	Tinggi	0,4	0,8	1,2	1,6	2		
5	Urutan	21						
	Tinggi	1						
6	Urutan	5	8	12	17	22		
	Tinggi	0,4	0,8	1,2	1,6	2		

Alat Berat Pekerjaan Timbunan Maindam

Berdasarkan hasil analisis, alat berat yang dapat digunakan untuk pekerjaan timbunan *maindam* dengan tipe dan merk alat berat sebagai berikut:

1. *Excavator* Komatsu PC 200 (kondisi eksisting) (EXC 1)
2. *Excavator* Caterpillar 336 (EXC 2)
3. *Dumptruck* FE SHDX 136 PS (kondisi eksisting)(DT 1)
4. *Dumptruck* Hino 500 FM 235 JJ (DT 2)
5. *Bulldozer* Caterpillar D7G(kondisi ekisting) (BDZ 1)
6. *Bulldozer* D5 RXL (BDZ 2)

7. *Watertank truck* Isuzu (WT 1)
8. *Vibro roller* Sakai SV 512 D (VR 1)

Penentuan Alternatif Kombinasi Tipe Alat Berat Pekerjaan Timbunan Maindam

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh beberapa alternatif kombinasi alat berat pada masing-masing zona pekerjaan timbunan *maindam* ini seperti ditunjukkan pada Tabel 3 – 5.

Zona 1, 2, 4

Tabel 3. Alternatif Kombinasi Alat Berat Zona 1, 2, 4

Alternatif kombinasi					
Kom.1	EXC 1	DT 1	DZ 1	WT 1	VR 1
Kom.2	EXC 1	DT 1	DZ 2	WT 1	VR 1
Kom.3	EXC 1	DT 2	DZ 1	WT 1	VR 1
Kom.4	EXC 1	DT 2	DZ 2	WT 1	VR 1
Kom.5	EXC 2	DT 1	DZ 1	WT 1	VR 1
Kom.6	EXC 2	DT 1	DZ 2	WT 1	VR 1
Kom.7	EXC 2	DT 2	DZ 1	WT 1	VR 1
Kom.8	EXC 2	DT 2	DZ 2	WT 1	VR 1

Zona 3, 6

Tabel 4. Alternatif Kombinasi Alat Berat Zona 3, 6

Alternatif kombinasi				
Kom.1	EXC 1	DT 1	DZ 1	VR 1
Kom.2	EXC 1	DT 1	DZ 2	VR 1
Kom.3	EXC 1	DT 2	DZ 1	VR 1
Kom.4	EXC 1	DT 2	DZ 2	VR 1
Kom.5	EXC 2	DT 1	DZ 1	VR 1
Kom.6	EXC 2	DT 1	DZ 2	VR 1
Kom.7	EXC 2	DT 2	DZ 1	VR 1
Kom.8	EXC 2	DT 2	DZ 2	VR 1

Zona 5

Tabel 5. Alternatif Kombinasi Alat Berat Zona 5

Alternatif kombinasi		
Kom.1	EXC 1	DT 1
Kom.2	EXC 1	DT 2
Kom.3	EXC 2	DT 1
Kom.4	EXC 2	DT 2

Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Timbunan Maindam

Merujuk pada rumus (1) diperoleh produktivitas alat berat pekerjaan timbunan *maindam* ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Nama Alat	Produktivitas/jam
<i>Excavator</i> (Komatsu PC 200)	76,276 m ³ /jam
<i>Excavator</i> (Caterpillar 336)	130,363 m ³ /jam
<i>Dump truck</i> (FE SHDX 136 PS)	30,801 m ³ /jam
<i>Dump truck</i> (hino 500 FM 235 JJ)	37,644 m ³ /jam
<i>Bulldozer</i> (Caterpillar D7G)	144,665 m ³ /jam
<i>Bulldozer</i> (D5 RXL)	153,345 m ³ /jam

Vibrator roller (Sakai SV 512 D)	166 m3/jam
Watertank truck (Isuzu)	132,800 m3/jam

8	WT	Isuzu	4000 L	98	Rp. 589.522
---	----	-------	--------	----	-------------

Biaya Penggunaan Alat Berat Pekerjaan Timbunan Maindam

Dalam perhitungan biaya penggunaan alat berat perlu diketahui tipe alat berat, biaya bahan bakar, biaya sewa, dan biaya operator alat berat. Merujuk pada rumus (2 dan 3) contoh perhitungan biaya penggunaan excavator sebagai berikut:

1. Excavator (Komatsu PC 200)
 - a. Kebutuhan bahan bakar solar = 0,125-0,175 liter/HP/jam x HP = 0,125x138 =17,25 liter/jam
 - b. Kebutuhan bahan minyak pelumas = 0,01 s/d 0,02 liter/HP/jam) x HP = 0,01 x 138 = 1,38 liter/jam
 - c. Biaya bahan bakar

Biaya bahan bakar solar =
kebutuhan bahan bakar x harga solar industry (Rp.11.600/liter)
=17,25 liter/jam x Rp. 11.600 /liter
= Rp. 200.100 /jam

Biaya bahan minyak pelumas =
kebutuhan bahan bakar x harga minyak pelumas (Rp. 32.000 /liter)
= 1,38 liter/jam x Rp. 32.000 /liter
= Rp. 44.160 /jam
 - d. Perhitungan biaya sewa alat

= Biaya pasti/jam kerja + biaya operasi/jam kerja
= Rp. 141.855 + Rp. 413.563 = Rp. 555.418
 - e. Biaya upah operator = Rp. 15.000 /jam
 - f. Biaya penggunaan alat berat

= (Rp. 200.100 + Rp. 44.160 + Rp. 555.418 + Rp. 15.000) /jam
= Rp. 814.678 /jam

Perhitungan biaya alat berat lainnya dilakukan dengan cara yang sama, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Biaya Penggunaan Alat Berat

No	Nama Alat	Merk Alat	Kapasitas	HP	Total Biaya
1	EXC 1	Komatsu PC 200	1,1 m3	138	Rp. 814.678
2	EXC 2	Caterpillar 336	1,88 m3	280	Rp. 1.397.361
3	DT 1	FE SHDX 136 PS	10 m3	136	Rp. 686.708
4	DT 2	Hino 500 FM 235 JJ	14 m3	229	Rp. 1.043.920
5	BDZ 1	Caterpillar D7G	3 m3	200	Rp. 1.007.433
6	BDZ 2	D5 RXL	3,18 m3	173	Rp. 862.393
7	VR	Sakai SV 512 D	10,5 ton	125	Rp. 667.669

Optimasi Penggunaan Alat Berat Pekerjaan Timbunan Maindam

Dalam optimasi jumlah alat berat perlu diketahui variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi kendala. Optimasi penggunaan alat berat pada pekerjaan timbunan maindam dilakukan menggunakan aplikasi LINDO 6.1. Contoh proses optimasi jumlah alat berat pada zona 1 untuk alternatif kombinasi 1 sebagai berikut:

1. Penentuan Variabel keputusan

Sebagai variabel keputusan dalam hal ini yaitu jumlah kebutuhan alat berat, :

X1=Jumlah excavator tipe 1(Komatsu PC 200)
X2=Jumlah dumptruck tipe 1(FE SHDX 136 PS)
X3=Jumlah bulldozer tipe 1(Caterpillar D7G)
X4=Jumlah vibrator roller tipe 1(Sakai SV 512 D)
X5=Jumlah watertank truck tipe 1(Isuzu)
2. Penentuan Fungsi tujuan

Tujuan dalam optimasi penggunaan alat berat ini adalah untuk meminimalkan biaya penggunaan alat berat yang ditentukan oleh biaya penggunaan alat berat dan jumlah alat berat.

C1 = Biaya penggunaan excavator tipe 1
= Rp. 814.678

C2 = Biaya penggunaan dumptruck tipe 1
= Rp. 686.708

C3 = Biaya penggunaan bulldozer tipe 1
= Rp. 1.007.433

C4 = Biaya penggunaan vibrator roller tipe 1
= Rp. 667.669

C5 = Biaya penggunaan watertank truck tipe 1
= Rp. 589.522

Persamaan fungsi tujuan yaitu:

$$Z \text{ min} = C1.X1 + C2.X2 + C3.X3 + C4.X4 + C5.X5$$

$$Z \text{ min} = \text{Rp. } 814.678.X1 + \text{Rp. } 686.708.X2 + \text{Rp. } 1.007.433.X3 + \text{Rp. } 667.669.X4 + \text{Rp. } 589.522.X5$$

3. Penentuan Fungsi kendala

Untuk mendapatkan alternatif terbaik dalam optimasi ini tidak lepas dari kendala yang ada. Kendala yang ada, yaitu kendala volume, kendala ketergantungan alat, dan kendala ketidaknegatifan. Luas atau dimensi area pekerjaan tidak menjadi batasan karena areanya luas.

Fungsi kendala volume : $V = \frac{\text{volume total}}{\text{durasi total}}$

Fungsi kendala ketergantungan alat :
excavator dengan dumptruck = $0.829X_1 - 2.052X_2 \leq 0$
dump truck dengan bulldozer = $0.437X_3 - 2.052X_2 \leq 0$

$$\text{bulldozer dengan watertank truck} = 0.381X_5 - 0.437X_5 \leq 0$$

$$\text{watertank truck dengan vibro roller} = 0.381X_5 - 0.476X_4 \leq 0$$

Fungsi kendala ketidaknegatifan
 $= X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$

4. Proses Optimasi menggunakan metode simpleks dengan bantuan Aplikasi komputer LINDO 6.1

Pemecahan program linier dengan menggunakan LINDO 6.1 membutuhkan penulisan program linier sesuai dengan penulisan model dalam aplikasinya, seperti berikut:

$$\begin{aligned} & \text{MIN } 814678X_1 + 686708X_2 + 1007433X_3 + 589522X_4 + 667669X_5 \\ & 76.276X_1 \geq 63.203 \\ & 30.801X_2 \geq 63.203 \\ & 144.665X_3 \geq 63.203 \\ & 166X_4 \geq 63.203 \\ & 132.8X_5 \geq 63.203 \\ & 0.829X_1 - 2.052X_2 \leq 0 \\ & 0.437X_3 - 2.052X_2 \leq 0 \\ & 0.381X_5 - 0.437X_3 \leq 0 \\ & 0,381X_5 - 0.476X_4 \leq 0 \\ & X_1 \geq 0 \\ & X_2 \geq 0 \\ & X_3 \geq 0 \\ & X_4 \geq 0 \\ & X_5 \geq 0 \end{aligned}$$

Proses optimasi untuk alternatif lainnya pada tiap tiap zona dilakukan dengan cara yang sama. Dari hasil perhitungan optimasi penggunaan alat berat menggunakan aplikasi LINDO 6.1 didapatkan hasil kombinasi, jumlah alat, dan total biaya yang dibutuhkan untuk tiap zona yang tercantun pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan optimasi

	EXC	DT	DZ	VR	WT	Total biaya
	1	1	1	1	1	
Zona 1 (komb.2)	1	2	1	1	1	Rp. 4.307.578
Zona 2 (komb.2)	1	1	1	1	1	Rp. 3.620.870
Zona 3 (komb.2)	1	1	1	1		Rp. 2.953.201
Zona 4 (komb.2)	5	11	2	3	1	Rp. 15.787.999
Zona 5 (komb.1)	1	2				Rp. 2.188.094
Zona 6 (komb.2)	1	1	1	1		Rp. 2.953.201

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam optimasi penggunaan alat berat pekerjaan Timbunan Maindam Bendungan X Paket I sebagai berikut:

1. Alat berat yang digunakan untuk tiap zona yaitu pada Zona 1, 2, dan 4: Excavator, Dump truck, Bulldozer, Watertank truck, dan Vibro roller; pada Zona 3 dan 6: Excavator, Dump truck, Bulldozer, Vibrator roller; dan pada Zona 5 (Zona Riprap): Excavator, dan Dump truck.
2. Kombinasi alat berat yang digunakan pada zona 1, 2, 3, 4, dan 6 menggunakan 8 alternatif kombinasi, sedangkan zona 5 menggunakan 4 alternatif kombinasi.
3. Biaya penggunaan alat berat per jam yaitu:
 Excavator (Komatsu PC 200) = Rp. 814.678;
 Excavator (Caterpillar 336) = Rp. 1.397.361; Dump truck (FE SHDX 136 PS) = Rp. 686.708; Dumpttruck(hino500FM235JJ) = Rp.1.043.920; Bulldozer (Caterpillar 7G) = Rp. 1.007.433; Bulldozer (D5 RXL) = Rp. 862.393; Vibrator roller (SakaiSV512D) = Rp.667.669; Watertank truck (ISUZU) = Rp. 589.522
4. Alternatif kombinasi alat berat dan biaya yang optimum pada pekerjaan Timbunan Maindam sebagai berikut:
 - a. Pada zona 1 dipilih alternatif kombinasi 2 dengan biaya total sebesar Rp. 4.307.578 /jam, dengan kebutuhan alat berat : Excavator tipe 1 = 1 unit; Dumpttruck tipe 1 = 2 unit; Bulldozer tipe 2 = 1 unit; Watertank truck tipe 1 = 1 unit; Vibrator roller tipe 1 = 1 unit
 - b. Pada zona 2 dipilih alternatif kombinasi 2 dengan biaya total sebesar Rp. 3.620.870 /jam, dengan kebutuhan alat berat : Excavator tipe 1 = 1 unit; Dumpttruck tipe 1 = 1 unit; Bulldozer tipe 2 = 1 unit; Watertank truck tipe 1 = 1 unit; Vibrator roller tipe 1 = 1 unit
 - c. Pada zona 3 dipilih alternatif kombinasi 2 dengan biaya total sebesar Rp. 2.953.201 /jam, dengan kebutuhan alat berat : Excavator tipe 1 = 1 unit; Dumpttruck tipe 1 = 1 unit; Bulldozer tipe 2 = 1 unit; Vibrator roller tipe 1 = 1 unit
 - d. Pada zona 4 dipilih alternatif kombinasi 2 dengan biaya total sebesar Rp. 17.201.484 /jam, dengan kebutuhan alat berat : Excavator tipe 1 = 5 unit; Dumpttruck tipe 1 = 11 unit; Bulldozer tipe 2 = 2 unit; Watertank truck tipe 1 = 1 unit; Vibrator roller tipe 1 = 3 unit
 - e. Pada zona 5 dipilih alternatif kombinasi 1 dengan biaya total sebesar Rp. 2.188.094 /jam, dengan kebutuhan alat berat : Excavator tipe 1 = 1 unit; Dumpttruck tipe 1 = 2 unit
 - f. Pada zona 6 dipilih alternatif kombinasi 2 dengan biaya total sebesar Rp. 2.953.201 /jam, dengan kebutuhan alat berat : Excavator tipe 1 = 1 unit; Dumpttruck tipe 1 = 1 unit; Bulldozer tipe 2 = 1 unit; Vibrator roller tipe 1 = 1 unit

Dengan jumlah total biaya penggunaan alat berat pada Proyek Bendungan X Paket I yaitu:

1. Zona1 = Rp.4.307.578/jamx3456jam
= Rp.14.886.989.56
2. Zona2 =Rp.3.620.870/jamx3456jam
=Rp.12.513.726.720
3. Zona3 =Rp.2.953.201/jamx3456jam
=Rp.10.206.262.656
4. Zona4 =Rp.17.201.484/jamx3456jam
=Rp.59.448.328.74
5. Zona5 =Rp.2.188.094/jamx3456jam
=Rp.7.562.052.864
6. Zona6 =Rp.2.953.201/jamx3456jam
=Rp. 10.206.262.656

Dengan jumlah total alat yang digunakan pada proyek Bendungan X Paket I yaitu:

1. Excavator tipe 1 (komatsu PC 200) = 10 unit
2. Dumptruck tipe 1 (FE SHDX 136 PS) = 18 unit
3. Bulldozer tipe 2 (D5 RXL) = 6 unit
4. Watertank truck tipe 1 (isuzu) = 3 unit
5. Vibrator roller tipe 1 (sakai SV 512 D) = 7 unit

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gafur, A, "Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Pelaksanaan Pematangan Lahan Untuk Pembuatan Work Shop Di Kab.Malinau Pada Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur," *J, Pp. 1-7*. 2013.
- [2] Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 81, "Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Konstruksi Golongan Pokok Konstruksi Bangunan Sipil Pada Jabatan Kerja Pelaksana Operasi dan Pemeliharaan Bendungan Tipe Urukun," 2015.
- [3] Nida, "Optimasi Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan Main Dam dan Cofferdam Bendungan Tugu Trenggalek," 2016.
- [4] Notoprasetyo, D. D, "Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Underpass Mayjen Sungkono Surabaya," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. 2017.
- [5] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 28/PRT/M, "Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum," 2016.