

OPTIMASI ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN PENGENDALI BANJIR KALI X KABUPATEN BLITAR

Lely Dwi Oktavia¹, Sitti Safiatu Riskijah², Dyah Lydianingtyas³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ³Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹lelydwioktavia98@gmail.com, ²ririssafiatu@gmail.com, ³diahcipka@gmail.com

ABSTRAK

Pekerjaan galian membutuhkan alat berat yang bervariasi, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk meminimumkan biaya alat tersebut. Kajian ini bertujuan untuk menentukan jumlah kebutuhan alat berat yang optimum dalam bentuk kombinasi alat berat dengan biaya termurah. Data yang digunakan adalah *site plan*, *cross section*, spesifikasi alat berat, harga sewa alat berat, harga bahan bakar alat berat, dan kurva S. Metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi optimum yaitu Program Linier dengan metode Simpleks. Hasil optimasi menunjukkan alternatif kombinasi 4 merupakan alternative yang optimum dengan menggunakan 1 unit Bulldozer, 1 unit Excavator, dan 2 unit Dumptruck dengan total biaya Rp.467.484.634.

Kata kunci: optimasi; kombinasi; alat berat; pekerjaan galian

ABSTRACT

Excavation work requires a variety of heavy equipment, so that optimization is needed to minimize the cost of the equipment. This study aims to determine the optimum number of heavy equipment needs in the form of a combination of heavy equipment at the lowest cost. The data used are site plans, cross-sections, heavy equipment specifications, heavy equipment rental prices, heavy equipment fuel prices, and S curve. The method used to get the optimum solution is Linear Program with the Simplex method. The optimization results show that the alternative combination 4 is the optimum alternative by using 1 unit of Bulldozer, 1 unit of Excavator, and 2 units of Dumptruck with a total cost of Rp. 467,484,634.

Keywords: optimization; combination; heavy equipment; cut

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya perekonomian di Indonesia kebutuhan terhadap bangunan dan infrastruktur baru juga meningkat, baik berupa bangunan yang bersifat komersial maupun non komersial. Secara tidak langsung, hal tersebut menuntut dunia konstruksi untuk semakin mengembangkan inovasi penggunaan peralatan dan metode yang lebih baik untuk menunjang keberhasilan suatu proyek konstruksi dari segi waktu, biaya, dan mutu.

Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali X berlokasi di Kabupaten Blitar. Proyek ini bertujuan untuk irigasi dan pengendali banjir, karena pada daerah tersebut sering mengalami banjir yang disebabkan dimensi sungai yang tidak memenuhi debit air yang ada. Air yang melewati alur sungai disana sering kali meluap dari sungai itu sendiri, sehingga perlu adanya pelebaran dan pendalaman dimensi sungai.

Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali X ini banyak menggunakan alat-alat berat pada pekerjaan galian. Pekerjaan ini memiliki volume yang cukup besar dan dapat mempengaruhi ketepatan waktu pelaksanaan proyek. Masing-masing dari alat berat yang digunakan memiliki beberapa tipe, dimana antara tipe satu dengan yang lain memiliki kapasitas dan harga sewa yang berbeda-beda.

Penggunaan alat berat pada pelaksanaan pekerjaan galian perlu diperhitungkan agar penggunaannya dapat efektif dan efisien baik dalam segi jenis, ukuran, dan jumlahnya dengan tidak mengurangi spesifikasi atau mutu yang telah disepakati. Kesalahan dalam pemilihan jenis alat berat dapat mengakibatkan proyek menjadi tidak lancar, dengan demikian akan terjadi keterlambatan pelaksanaan. Hal ini akan berdampak pada biaya proyek yang membengkak. Untuk menghindari hal tersebut perlu dilakukan optimasi alat berat agar penggunaannya optimal dengan biaya minimum. Salah satu cara untuk meng-optimalkan penggunaan alat

berat pada proyek ini yaitu menggunakan program linier dengan metode simpleks. Metode ini sangat berguna dalam menentukan solusi terbaik dari suatu permasalahan linier programming yang terdiri lebih dari dua variabel.

Program linier merupakan metode analisis yang mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya pengeluaran. Sedangkan metode simpleks yaitu suatu prosedur analisis untuk mencari solusi optimal dari suatu masalah pemrograman linier yang didasarkan pada proses iterasi.

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan tersebut, maka tujuan optimasi penggunaan alat berat untuk pelaksanaan pekerjaan galian pada Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali X yaitu:

1. Menentukan jenis dan tipe alat berat apa saja yang dapat digunakan.
2. Menentukan alternatif kombinasi alat berat yang dapat digunakan.
3. Mengetahui kombinasi alat berat yang optimum dengan biaya yang murah.

Alat Berat Untuk Pekerjaan Galian

Jenis alat berat yang dapat digunakan pada pekerjaan galian sebagai berikut:

1. *Bulldozer* adalah traktor yang di pasangkan *blade* di depannya. *Blade* berfungsi untuk mendorong, atau memotong material yang ada di depannya [1].
2. *Excavator* adalah alat berat yang berfungsi sebagai penggali, maupun pemuat tanah tanpa harus banyak berpindah tempat dengan menggunakan tenaga power take off dari mesin yang dimilikinya [2].
3. *Dump truck* adalah suatu alat yang berfungsi memindahkan suatu material dari suatu tempat ke tempat lain [2].

Produktivitas Alat Berat

Rumus perhitungan produktivitas masing-masing alat berat sebagai berikut:

1. Dalam menghitung produktivitas *Excavator* menggunakan **Persamaan 1** [3].

$$Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s \times F_v} \quad (1)$$

Keterangan:

V adalah kapasitas bucket(m³); F_b adalah faktor *bucket*; F_a adalah faktor efisiensi alat (ambil kondisi kerja paling baik (0,83); F_v adalah faktor konversi (kedalaman < 40%); T_s adalah waktu siklus (menit); 60 adalah konversi jam ke menit,

2. Menghitung produktivitas *Dump Truck* menggunakan **Persamaan 2** [3].

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{D \times T_s} \quad (2)$$

Keterangan:

Q adalah kapasitas produksi *dump truck* (m³ / jam); V adalah kapasitas bak (ton); F_a adalah faktor efisiensi alat; D adalah berat isi material (lepas,gembur) (ton / m³); T_s adalah waktu siklus

3. Menghitung produktivitas *Bulldozer* menggunakan **Persamaan 3** [3].

$$Q = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s} \quad (3)$$

Keterangan:

q adalah kapasitas untuk pengupasan (m² / jam); F_b adalah faktor pisau (*blade*), (umumnya mudah, diambil 1); F_a adalah faktor efisiensi kerja *Bulldozer*; F_m adalah faktor kemiringan pisau (*grade*), (diambil 1 untuk datar, 1,2 untuk turun – 15%, 0,7 untuk nanjak + 15%); T_s adalah waktu siklus

Perhitungan Biaya Sewa dan Biaya Operasional

Langkah-langkah menghitung biaya pasti alat berat sebagai berikut:

1. Menghitung nilai sisa menggunakan **Persamaan 4** [3].
Nilai sisa alat (C) = 10% harga alat (4)

2. Menghitung faktor angsuran menggunakan **Persamaan 5** [3].

$$D = \frac{i \times (1+i)A}{(1+i)A - 1} \quad (5)$$

3. Menghitung biaya pengembalian modal menggunakan **Persamaan 6** [3].

$$E = \frac{(B-C) \times D}{W} \quad (6)$$

Keterangan:

A adalah umur ekonomis alat (tahun); i adalah tingkat suku bunga pinjaman investasi (% per tahun); B adalah harga pokok alat (rupiah); C adalah nilai sisa alat (%); W adalah jumlah jam kerja alat dalam satu tahun (jam)

4. Menghitung asuransi dan pajak menggunakan **Persamaan 7** [3].

$$F = \frac{0,2\% \times B}{W} \quad (7)$$

Keterangan:

Ins adalah asuransi(%); B adalah harga pokok alat (rupiah); W adalah jumlah jam kerja alat dalam satu tahun (jam)

5. Menghitung biaya pasti menggunakan **Persamaan 8** [3].

$$G = (E + F) = \frac{(B-C) \times D}{W} + \frac{Ins \times B}{W} = \frac{(B-C) \times D + (Ins \times B)}{W} \quad (8)$$

Keterangan:

G adalah biaya pasti per jam (rupiah); Ins adalah asuransi(%); B adalah harga pokok alat setempat

(rupiah); C adalah nilai sisa alat; D adalah faktor angsuran atau pengembalian modal; E adalah biaya pengembalian modal; F adalah biaya asuransi, pajak dan lain-lain per tahun

$$= 0,002 \times B \text{ atau}$$

$$= 0,02 \times C$$

W adalah jumlah jam kerja alat dalam satu tahun

Langkah-langkah menghitung biaya operasional alat berat sebagai berikut:

6. Menghitung biaya bahan bakar menggunakan **Persamaan 9** [3].

$$H = (12,00 \text{ s/d } 15,00)\% \times HP \quad (9)$$

Keterangan:

H adalah banyaknya bahan bakar yang dipergunakan dalam 1 (satu) jam dengan satuan liter/jam; HP adalah Horse Power, kapasitas tenaga mesin penggerak; 12,00% adalah untuk alat yang bertugas ringan; 15,00% adalah untuk alat yang bertugas berat.

7. Menghitung biaya minyak pelumas menggunakan **Persamaan 10** [3].

$$I = (2,5 \text{ s/d } 3)\% \times HP \quad (10)$$

Keterangan:

I adalah banyaknya minyak pelumas yang dipakai dalam 1 (satu) jam dengan satuan liter/jam; HP adalah kapasitas tenaga mesin (Horse Power); 2,5% adalah untuk pemakaian ringan; 3% adalah untuk pemakaian berat.

8. Menghitung biaya bengkel menggunakan **Persamaan 11** [3].

$$J = (6,25 \text{ s/d } 8,75)\% \times B/W \quad (11)$$

Keterangan:

B adalah harga pokok alat setempat; W adalah jumlah jam kerja alat dalam satu tahun; 6,25% adalah untuk pemakaian ringan; 8,75% adalah untuk pemakaian berat.

9. Menghitung biaya perbaikan menggunakan **Persamaan 12** [3].

$$K = (12,5 \text{ s/d } 17,5)\% \times B/W \quad (12)$$

Keterangan:

B adalah harga pokok alat setempat; W adalah jumlah jam kerja alat dalam satu tahun; 12,5% adalah untuk pemakaian ringan; 17,5% adalah untuk pemakaian berat.

10. Menghitung biaya upah operator / pembantu operator menggunakan **Persamaan 13; 14** [3].

$$\text{Operator, } L = 1 \text{ orang/jam} \times U_1 \quad (13)$$

$$\text{Pembantu Operator, } M = 1 \text{ orang/jam} \times U_2 \quad (14)$$

11. Menghitung biaya operasi menggunakan **Persamaan 15** [3].

$$\text{Biaya operasi : } P = H + I + J + K + L + M \quad (15)$$

Keterangan:

H adalah banyaknya bahan bakar yang dipergunakan dalam 1 (satu) jam dengan satuan liter/jam; I adalah banyaknya minyak pelumas yang dipakai dalam 1 (satu) jam dengan satuan liter/jam; J adalah besarnya biaya bengkel (*workshop*) tiap jam; K adalah biaya perbaikan termasuk penggantian suku cadang yang aus; L adalah upah operator/driver; M adalah upah operator dan pembantu operator.

Langkah-langkah menghitung biaya sewa alat berat sebagai berikut:

12. Menghitung keluaran HSD menggunakan **Persamaan 16** [3].

$$S = G + P \quad (16)$$

Keterangan:

S adalah harga satuan dasar alat; G adalah biaya pasti; P adalah biaya operasi.

Program Linier

Menurut [4] Program Linier adalah teknik pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah mengalokasikan sumber daya yang terbatas diantara berbagai kepentingan seoptimal mungkin.

Salah satu model program linier dapat dirumuskan menggunakan **Persamaan 17** [4].

$$\text{Minimumkan } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (17)$$

Dengan kendala menggunakan **Persamaan 18** [4].

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n (\leq, =, \geq) \quad (18)$$

Keterangan:

x = variabel keputusan; n = banyaknya jenis aktivitas yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut; a = banyaknya sumber ke i yang digunakan untuk menghasilkan setiap unit aktifitas; z = nilai fungsi tujuan yang akan dimaksimalkan atau diminimumkan; c = koefisien fungsi tujuan variabel keputusan yang menunjukkan kenaikan nilai z.

Linier Interactive Descrete Optimizer (LINDO)

LINDO adalah program bantu yang digunakan untuk menyelesaikan kasus program linier, yaitu suatu permodelan matematik yang digunakan untuk mengoptimalkan suatu tujuan dari beberapa kendala [5].

Langkah-langkah pemecahan persoalan Program Linier menggunakan LINDO:

1. Mengetik model program linier dengan benar.
2. Kemudian klik ikon solver untuk mendapatkan pemecahannya.
3. Maka akan muncul konfirmasi dialog analisis sensitivitas.
4. Tekan OK jika menginginkan hasil analisis sensitivitas dan tekan NO jika tidak menghendaki analisis sensitivitas.

5. Aktifkan solver report, maka akan tampil pemecahan program liniernya.

Contoh penulisan model sebagai berikut:

1. Fungsi Tujuan menggunakan **Persamaan 19**.

$$\text{Min} = 626,699 X_1 + 755,083 X_2 + 832,917 X_3 \quad (19)$$
2. Fungsi Kendala Area menggunakan **Persamaan 20; 21; 22; 23**.

$$30.37 X_1 + 38.94 X_2 + 33.53 X_3 \leq 8598.96 \quad (20)$$

$$6.16 X_1 \leq 6.197 \quad (21)$$

$$12.40 X_2 \leq 6.197 \quad (22)$$

$$4.50 X_3 \leq 6.197 \quad (23)$$
3. Fungsi Kendala Volume menggunakan **Persamaan 24; 25; 26**.

$$46.394 X_1 \geq 13.366 \quad (24)$$

$$146.590 X_2 \geq 13.366 \quad (25)$$

$$100.565 X_3 \geq 13.366 \quad (26)$$
4. Fungsi Kendala Ketergantungan Alat menggunakan **Persamaan 27**.

$$19 X_1 + 6 X_2 + 9 X_3 \geq 2211.5 \quad (27)$$

1)	2154840		
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	
X1	1.006006	0.000000	
X2	0.499758	0.000000	
X3	1.377111	0.000000	

Gambar 1. Hasil Optimasi LINDO

Sumber: Hasil Perhitungan

Sehingga, nilai z min yang didapat dengan menggunakan **Persamaan 28**.

$$Z \text{ min} = \text{Rp. } 626,699 (1.006006) + \text{Rp. } 755,083 (0.499758) + \text{Rp. } 832,917 (1.377111) = \text{Rp. } 2,154,840 \quad (28)$$

2. METODE

Untuk mengoptimalkan penggunaan alat berat pada Proyek Pembangunan Kali X maka data yang dibutuhkan adalah *site plan* proyek, *cross-section*, spesifikasi alat berat, harga sewa, dan penjadwalan proyek.

Dari data yang diperoleh seperti, data gambar *siteplan* kita dapat menentukan metode pelaksanaan, dari data gambar *cross-section* kita dapat menghitung volume pekerjaan, dari data spesifikasi alat berat dan harga sewa kita dapat menghitung produktifitas alat berat dan biaya operasional alat berat. Kemudian membuat beberapa alternatif kombinasi dan dilakukan proses optimasi dengan aplikasi program LINDO untuk menentukan alternatif kombinasi dengan jumlah alat berat yang optimal dan biaya alat berat yang termurah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Pekerjaan Galian

Volume pekerjaan tanah ini dihitung berdasarkan data gambar rencana (*Cross Section*) Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali X Kabupaten Blitar. Perhitungan volume galian dilakukan untuk mengetahui berapa banyak tanah yang harus digali. Rekapitulasi volume galian ditunjukkan pada **Tabel 1**.

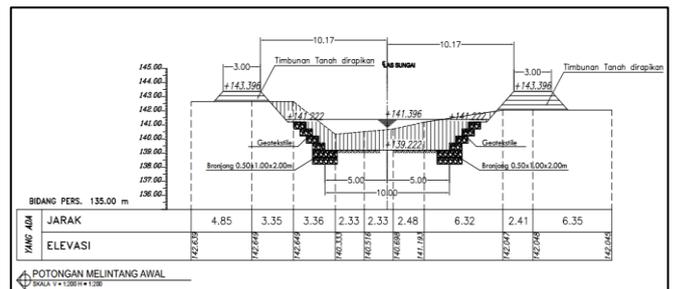
Tabel 1. Rekapitulasi Volume Pekerjaan Galian

Area	Panjang	Total	Galian	Satuan
	(m)	Clearing	Vol. Lepas	
Awal – K1	1387.6	3515.4	4394.3	M3

Sumber: Hasil Perhitungan

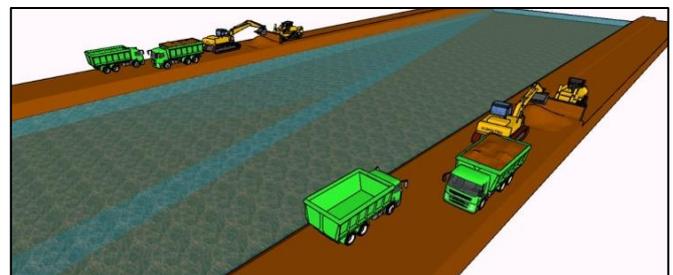
Metode Pelaksanaan Pekerjaan Galian

Galian dilaksanakan pada permukaan tanah yang akan dibuat tanggul/timbunan sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Potongan Melintang Titik Awal

Sumber: Shopdrawing Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali Bogel Kabupaten Blitar



Gambar 3. Ilustrasi Pekerjaan Galian

Sumber: Hasil Perhitungan

Metode kerja pekerjaan galian, yaitu:

1. Memasang profil yang menjadi batas pekerjaan.
2. Melaksanakan pengupasan tanah menggunakan bulldozer sedalam 20 cm.

3. Menggali tanah hasil stripping menggunakan excavator dan dituangkan kedalam bak dump truck.
4. Mengangkut tanah hasil galian menggunakan dump truck ke lokasi pembuangan.

Jenis dan Produktivitas Tiap Alat Berat

Dalam Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali X alat-alat yang dipakai memiliki produktivitas alat berat masing-masing. Produktivitas alat berat dihitung menggunakan **Persamaan 1; 2; 3**, dan hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Produktivitas Masing-Masing Alat Berat

Jenis Alat Berat	Produktifitas	Satuan
Bulldozer Caterpillar D5RXL	46.394	M3/jam
Bulldozer Komatsu D65 E-12 Angle Dozer	48.915	M3/jam
Excavator Caterpillar 320D2	146.590	M3/jam
Excavator Komatsu PC 200-8MO	134.460	M3/jam
Dump Truck Hino FM 260JM	100.565	M3/jam
Dump Truck Hino 500 FM 235 JJ	70.404	M3/jam

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembentukan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Dalam proses optimasi, alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian Proyek Pembangunan Pengendali Banjir Kali X Kabupaten Blitar ini terdapat 3 jenis seperti bulldozer (BD), excavator (EXC), dan dumpttruck (DT) dengan spesifikasi tiap alat yang berbeda. Bulldozer Tipe Caterpillar D5RXL (BD 1), Bulldozer Tipe Komatsu D65 E-12 Angle Dozer (BD 2), Excavator Tipe Caterpillar 320D2 (EXC1), Excavator Tipe Komatsu PC 200-8MO (EXC2), Dump Truck Tipe Hino FM 260JM (DT 1), dan Dump Truck Hino 500 FM 235 JJ (DT 2). Kombinasi alat berat ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian

Alternatif							
1	2	3	4	5	6	7	8
BD1	BD1	BD1	BD1	BD2	BD2	BD2	BD2
EXC 1	EXC 1	EXC 2	EXC 2	EXC 1	EXC 1	EXC 2	EXC 2
DT1	DT2	DT1	DT2	DT1	DT2	DT1	DT2

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Biaya Alat Berat

Untuk mendapatkan jumlah alat dengan biaya yang optimum perlu diketahui biaya penggunaan alat yang terdiri

dari biaya sewa dan biaya operasional alat. Biaya alat berat dihitung menggunakan **Persamaan 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16**. Hasil rekapitulasi biaya alat berat ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekap Biaya sewa, Operasional dan Mobilisasi

No	Kode	HP	Biaya Sewa dan Operasional Per Jam (Rp)	Biaya Mobilisasi i Km > 100 Km (Rp)	Biaya Mobilisasi Demobilisasi i (Rp)
1	EXC 1	138	755.083	42.000	14.028.000
2	EXC 2	138	557.700	42.000	14.028.000
3	DT1	256	832.917	7.500	2.505.000
4	DT2	235	737.758	7.500	2.505.000
5	BD1	150	626.699	25.000	8.350.000
6	BD2	215	950.090	25.000	8.350.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Optimasi Penggunaan Alat Berat

Sebelum menginput data ke program LINDO, harus mengubah permasalahan menjadi model matematis program linier dengan menemukan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala. Optimasi alat berat dicari menggunakan **Persamaan 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28**. Hasil optimasi pada tiap alternative kombinasi ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Jumlah Alat Berat Optimum dan Biaya Sewa Total

No	Uraian	Jumlah Alat Berat Optimum			Total Biaya Rp
		BD	EXC	DT	
1	Alternatif 1	1	1	2	Rp 531.631.698
2	Alternatif 2	1	1	2	Rp 500.142.542
3	Alternatif 3	1	1	2	Rp 498.973.790
4	Alternatif 4	1	1	2	Rp 467.484.634
5	Alternatif 5	1	1	2	Rp 585.138.506
6	Alternatif 6	1	1	2	Rp 553.649.350
7	Alternatif 7	1	1	2	Rp 552.480.598
8	Alternatif 8	1	1	2	Rp 520.991.442

Sumber: Hasil Perhitungan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jenis alat berat yang dibutuhkan pada pekerjaan galian, meliputi: Bulldozer Tipe Caterpillar D5RXL (BD 1), Bulldozer Tipe Komatsu D65 E-12 Angle Dozer (BD 2),

Excavator Tipe Caterpillar 320D2 (EXC1), Excavator Tipe Komatsu PC 200-8MO (EXC2), Dump Truck Tipe Hino FM 260JM (DT 1), dan Dump Truck Hino 500 FM 235 JJ (DT 2).

2. Alternatif kombinasi alat berat yang dapat digunakan pada pekerjaan galian pada proyek ini adalah:
Kombinasi (K), jenis, jumlah (Unit), dan biaya alat pekerjaan galian sungai X:
K1: BD1= 1; EXC1= 1; DT1= 2; biaya alat Rp. 531.631.698
K2: BD1= 1; EXC1= 1; DT2= 2; biaya alat Rp. 500.142.542
K3: BD1= 1; EXC2= 1; DT1= 2; biaya alat Rp. 498.973.790
K4: BD1= 1; EXC2= 1; DT2= 2; biaya alat Rp. 467.484.634
K5: BD2= 1; EXC1= 1; DT1= 2; biaya alat Rp. 585.138.506
K6: BD2= 1; EXC1= 1; DT2= 2; biaya alat Rp. 553.649.350
K7: BD2= 1; EXC2= 1; DT1= 2; biaya alat Rp. 552.480.598
K8: BD2= 1; EXC2= 1; DT2= 2; biaya alat Rp. 520.991.442
3. Melalui proses optimasi dipilih alternatif kombinasi dengan biaya yang paling murah pada pekerjaan galian sungai X yaitu dipilih kombinasi 4 dengan total biaya Rp 467.484.634 dengan menggunakan 1 unit Bulldozer Tipe Caterpillar D5RXL, 1 unit Excavator Tipe Komatsu PC200-8MO, dan 2 unit Dump Truck Hino 500 FM 235 JJ.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rostiyati, Susy Fatena. 2008. *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [2] Rochmanhadi. 1982. *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [3] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman AHSP Bidang PU.
- [4] Herjanto, E. 2007. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Grasindo.
- [5] K. E. Leatemia, R. J. M. Mandagi, dan G. Y. Malingkas, "Optimasi Biaya Dan Durasi Proyek Menggunakan Program Lindo (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salaka Tahap II)," *J. Apl. Tek Sipil*, vol. 1. no. 4, p. 226, Maret. 2013.