

OPTIMASI ALAT BERAT PEKERJAAN PROYEK JLS LOT 1A STA 2+900 – STA 6+000

Elvira Ayu Fitri Hardiyani¹, Suselo Utoyo²

Mahasiswi Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

Email: elviradesember01@gmail.com¹, suselo.utoyo@polinema.ac.id²

RINGKASAN

Penggunaan alat berat dalam proyek jalan harus disesuaikan dengan jenis, kapasitas, dan kondisi medan. Pada proyek di wilayah pegunungan Tulungagung yang curam dan tidak mudah diakses, pemilihan alat yang tidak tepat dapat menyebabkan inefisiensi kerja dan pemborosan biaya akibat kombinasi dan ketidaksesuaian jumlah alat. Studi ini dimaksudkan mengoptimalkan kombinasi alat berat guna meminimalkan waktu henti dan menekan biaya operasional dengan menggunakan metode simpleks dalam program linier. Volume pekerjaan yang dianalisis meliputi stripping sebesar 52.569,500 m³, galian badan jalan 333.275,650 m³, galian box culvert 1.071,070 m³, timbunan badan jalan 132.640,800 m³, dan timbunan box culvert 617,390 m³. Setiap jenis pekerjaan dievaluasi dengan berbagai alternatif kombinasi alat berat, antara 8 hingga 32 alternatif. Hasil optimasi menunjukkan bahwa kombinasi paling efisien untuk pekerjaan stripping adalah alternatif ke-2 dengan biaya Rp 3.023.000.705,66; galian badan jalan alternatif ke-4 dengan biaya Rp 18.434.615.193,06; galian box culvert alternatif ke-4 dengan biaya Rp 821.092.052,08; timbunan badan jalan alternatif ke-10 dengan biaya Rp 7.813.848.837,34; dan timbunan box culvert alternatif ke-15 dengan biaya Rp 685.049.962,26. Optimasi ini menunjukkan bahwa pemilihan kombinasi alat berat yang tepat dapat meningkatkan efisiensi biaya dan waktu dalam proyek konstruksi jalan.

Kata kunci : optimasi, alat berat, galian dan timbunan, metode simpleks.

ABSTRACT

The use of heavy equipment in road construction projects must be adjusted to the type, capacity, and terrain conditions. In mountainous areas like Tulungagung, which have steep and difficult-to-access terrain, improper selection of equipment can lead to inefficiencies and cost overruns due to inappropriate combinations and quantities of equipment. This study aims to optimize the combination of heavy equipment to minimize idle time and reduce operational costs using the simplex method in linear programming. The analyzed work volumes include: stripping at 52,569.500 m³, roadway excavation at 333,275.650 m³, box culvert excavation at 1,071.070 m³, roadway embankment at 132,640.800 m³, and box culvert embankment at 617.390 m³. Each type of work was evaluated using 8 to 32 alternative equipment combinations. The optimization results show that the most efficient combinations are: the 2nd alternative for stripping with a cost of IDR 3,023,000,705.66; the 4th alternative for roadway excavation with a cost of IDR 18,434,615,193.06; the 4th alternative for box culvert excavation with a cost of IDR 821,092,052.08; the 10th alternative for roadway embankment with a cost of IDR 7,813,848,837.34; and the 15th alternative for box culvert embankment with a cost of IDR 685,049,962.26. This optimization demonstrates that selecting the right combination of heavy equipment can significantly improve cost and time efficiency in road construction projects.

Keywords : Optimization, Heavy Equipment, Excavation and Embankment, Simplex Method.

1. PENDAHULUAN

Transportasi berperan penting dalam mendukung pembangunan, sehingga infrastruktur jalan perlu ditingkatkan. Proyek Jalan Lintas Selatan (JLS) Lot 1A Brumbun-P. Sine di Kabupaten Tulungagung merupakan bagian dari upaya meningkatkan konektivitas wilayah selatan

Jawa dan mendorong pertumbuhan ekonomi regional. Proyek ini melewati daerah pegunungan curam dengan volume pekerjaan tanah yang besar, sehingga pemilihan dan penggunaan alat berat menjadi faktor krusial. Penggunaan alat berat yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian

seperti pemborosan biaya akibat kombinasi alat yang tidak efektif.

Dengan demikian, perencanaan yang tepat sangat dibutuhkan dalam pemilihan jenis, kapasitas, dan jumlah alat berat agar biaya pekerjaan tetap efisien. Salah satu pendekatan yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis efisiensi biaya adalah program linier dengan metode simpleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kombinasi alat berat pada proyek JLS Lot 1A STA 2+900 – STA 6+000 zona 1 agar diperoleh solusi yang paling efektif dan efisien dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

Merujuk pada latar belakang serta permasalahan yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini mencakup :

- 1) Menghitung volume pekerjaan *stripping*, galian badan jalan, galian *box culvert*, timbunan badan jalan dan timbunan *box culvert*.
- 2) Menentukan metode pelaksanaan pada setiap pekerjaan.
- 3) Menentukan jenis alat berat yang digunakan pada setiap pekerjaan.
- 4) Menentukan alternatif kombinasi yang paling optimal pada setiap pekerjaan *stripping*, galian dan timbunan.
- 5) Mengestimasi biaya sewa alat berat untuk semua pekerjaan.
- 6) Menghitung estimasi biaya yang diperlukan untuk kombinasi alat berat paling optimal pada setiap pekerjaan dan selama pekerjaan berlangsung.

2. METODE

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi optimasi penggunaan alat berat untuk pekerjaan *stripping*, galian, dan timbunan pada Proyek Jalan Lintas Selatan Lot 1A zona 1 mencakup hal-hal berikut :

- 1) Menghitung volume pekerjaan berdasarkan gambar proyek dari PT. Utama Karya dengan bantuan aplikasi AutoCAD.
- 2) Merancang metode pelaksanaan menggunakan alat berat seperti excavator, dump truck, bulldozer, motor grader, vibratory roller, dan water tank truck.

Melakukan analisis produktivitas masing-masing alat berat pada setiap jenis pekerjaan.

Produktivitas Alat Berat

Perhitungan produktivitas alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan mengacu pada pedoman yang tercantum dalam Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023.

A. Excavator

$$Q = \frac{v \times fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fv} \quad (1)$$

Keterangan :

Q = produktivitas per jam (m^3 /jam) (Q)

V = kapasitas bucket (m^3);

Fb = faktor bucket ;

Fa = faktor efisiensi alat;

Fv = faktor konversi kedalaman galian alat excavator;

Ts = waktu siklus standar ;

60 = perkalian 1 jam ke menit.

B. Dump truck

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts} \quad (2)$$

Keterangan:

Q = kapasitas produksi dump truck; m^3 /jam;

V = Kapasitas bak;

Fa = Faktor efisiensi alat

D = Berat isi material (lepas, gembur); ton/ m^3

60 = perkalian 1 jam ke menit;

Ts = Waktu siklus

C. Bulldozer

$$Q = \frac{q \times Fb \times Fm \times Fa \times 60}{Ts} \quad (3)$$

Keterangan :

Q = Produksi per jam (m^3 /jam)

Fb = Faktor pisau

Fa = Faktor efisiensi

Fm = Faktor kemiringan pisau

Ts = Waktu siklus (menit)

q = Kapasitas pisau (m^3)

D. Motor Grader

$$Q = \frac{Lh \times (N \times (b - b_0) + b) \times FaMG \times 60}{N \times n \times Ts} \quad (4)$$

Keterangan :

Lh = panjang hamparan (m).

b = panjang pisau efektif (m).

bo = lebar overlap (m).

FaMG = faktor efisiensi alat.

n = jumlah lintasan

N = jumlah "lajur" lintasan pengupasan

Ts = Waktu siklus (menit)

E. Vibratory roller

$$Q = \frac{(N(b - b_0)v \times 1000 \times Fa \times t)}{N \times n} \quad (5)$$

Keterangan :

N = jumlah "lajur" lintasan pemadatan

b = lebar roda alat pemadat (m).

bo = lebar overlap (0,20 m).

v = kecepatan pemadatan.

1000 = perkalian dari km ke (m).

Fa = faktor efisiensi alat (0,83, kondisi baik sekali).

n = jumlah lintasan

t = tebal pemadatan

F. Water Tank Truck

$$Q = \frac{Pa \times Fa \times 60}{Wc \times 1000} \quad (6)$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi per jam.

V = Volume tangki air (m³).

Wc = Kebutuhan air /m³ material padat;

Wc = 0,07 m³. pa : Kapasitas pompa air. Diambil 100 liter/menit.

Fa = Faktor efisiensi alat. Lihat Tabel 2.16

60 = Perkalian 1 jam ke menit.

1000 = Perkalian dari km ke m.

Biaya Sewa Alat Berat:

a) Biaya pasti

$$G = (E+F) = \frac{(B-C) \times D}{W} + \frac{Ins \times B}{W} = \frac{(B-C) \times D + (Ins \times D)}{W} \quad (7)$$

Keterangan :

G = biaya pasti per jam (rupiah).

B = harga pokok alat setempat (rupiah).

C = nilai sisa alat (3% - 10% harga pokok alat)

D = faktor angsuran atau pengembalian modal

E = biaya pengembalian modal

F = biaya asuransi, pajak dan lain-lain per tahun

W = jumlah jam kerja alat dalam satu tahun.

b) Biaya Operasional

$$P = H + I + J + K + L \quad (8)$$

Keterangan :

H = Biaya bahan bakar

I = Biaya minyak pelumas

J = Biaya bengkel atau pemeliharaan

K = Biaya perbaikan

L = Biaya operator alat berat

P = Biaya Operasi

3) Menghitung biaya sewa setiap alat berat serta biaya mobilisasi dan demobilisasi.

4) Menyusun alternatif kombinasi alat berat pada setiap pekerjaan dan menentukan kombinasi yang paling optimal menggunakan aplikasi LINDO 6.1

a. Penentuan variabel keputusan

X1 = Jumlah unit Excavator

X2 = Jumlah unit Dump Truck

X3 = Jumlah unit Bulldozer

b. Penentuan fungsi tujuan

$$Z_{min} = C1X1 + C2X2 + C3X3$$

C1 = Biaya alat Excavator

C2 = Biaya alat Dump Truck

C3 = Biaya alat Bulldozer

c. Penentuan fungsi kendala

- Kendala volume

- Kendala ketergantungan alat

- Kendala ketidak negatitan

d. Memasukkan hasil X1, X2, dan X3 ke dalam rumus

5) Menghitung biaya total selama masa pekerjaan berlangsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menyajikan hasil perhitungan volume untuk pekerjaan galian dan timbunan.

Tabel 1 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

STA	Vol. Stripping	Vol. Galian Badan Jalan	Vol. Galian Box Culvert	Vol. Timbunan Badan Jalan	Vol. Timbunan Box Culvert
2+900-3+000	1239,38	2412,36	1074,40		
3+000-4+000	14709,01	87195,70	10002,57	1071,070	617,390
4+000-5+000	18480,83	108571,66	51378,54		
5+000-6+000	18140,26	135095,92	70185,29		

Sumber: Hasil perhitungan

Kategori dan spesifikasi alat berat yang digunakan :

a. Untuk kegiatan *stripping*, galian badan jalan, dan galian *box culvert*, daftar alat berat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Tipe Alat Berat Pekerjaan *Stripping*, Galian Badan Jalan dan Galian *Box Culvert*.

No.	Alat Berat	Kode
1.	Excavator Tipe Komatsu PC 200	EXC1
2.	Excavator Tipe Caterpillar 320GX	EXC2
3.	Dump Truck Tipe Hino FM 260 JD	DT1
4.	Dump Truck Tipe Mitsubishi FM 517	DT2
5.	Bulldozer Tipe Komatsu D85E-SS	BD1
6.	Bulldozer Tipe Komatsu D65P-12	BD2

Sumber: Hasil analisa

b. Jenis alat berat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan badan jalan serta timbunan *box culvert* tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3 Tipe Alat Berat Pekerjaan Timbunan Badan Jalan dan Timbunan *Box Culvert*

No.	Alat Berat	Kode
1.	Excavator Tipe Komatsu PC 200	EXC1
2.	Excavator Tipe Caterpillar 320GX	EXC2
3.	Dump Truck Tipe Hino FM 260 JD	DT1
4.	Dump Truck Tipe Mitsubishi FM 517	DT2
5.	Bulldozer Tipe Komatsu D85E-SS	BD1
6.	Bulldozer Tipe Komatsu D65P-12	BD2
7.	Motor Grader Tipe Liugong 4140D	MG1
8.	Motor Grader Tipe STG190C-8S	MG2

No.	Alat Berat	Kode
9.	Vibratory Roller Tipe Ammann ASC	VR1
10.	Vibratory Roller Tipe Catterpillar	VR2
11.	Water Tank Truck Hino Dutro 130HD	WTT

Sumber: Hasil analisa

Perhitungan produktivitas dilakukan berdasarkan ketentuan dalam Permen PUPR No. 8 Tahun 2023. Tabel 4 menyajikan contoh hasil perhitungan produktivitas pada pekerjaan stripping.

Tabel 4 Perhitungan Produktifitas Stripping

No.	Jenis Alat	Produktifitas	Satuan
1.	EXC1	188,716	m ³ /jam
2.	EXC2	185,256	m ³ /jam
3.	DT1+EXC1	26,705	m ³ /jam
4.	DT1+EXC2	26,620	m ³ /jam
5.	DT2+EXC1	22,833	m ³ /jam
6.	DT2+EXC2	22,771	m ³ /jam
7.	BD1	103,064	m ³ /jam
8.	BD2	111,855	m ³ /jam

Sumber: Hasil analisa

Berikut ini merupakan alternatif kombinasi (AK) alat berat yang digunakan untuk pekerjaan stripping. Rincian pekerjaan tersebut disajikan pada Tabel 9.

Tabel 5 Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Stripping, Galian Badan Jalan dan Galian Box Culvert

NO	EXC	DT	BD
1.	EXC1	DT1	BD1
2.	EXC1	DT1	BD2
3.	EXC1	DT2	BD1
4.	EXC1	DT2	BD2
5.	EXC2	DT1	BD1
6.	EXC2	DT1	BD2
7.	EXC2	DT2	BD1
8.	EXC2	DT2	BD2

Sumber: Hasil analisa

Estimasi biaya sewa alat berat dihitung secara teoritis dengan mengacu pada Peraturan Menteri PUPR No. 8 Tahun 2023. Contoh perhitungan, berikut adalah perhitungan untuk Excavator Komatsu PC200:

Uraian Peralatan

Tenaga Pw : 138 Hp
 Kapasitas Cp : 1,00 m³
 Alat Baru :
 Umur A : 10 Tahun
 Ekonomis (perkiraan waktu pemakaian masih layak atau tidak)

Jam Kerja W : 2000 jam

Dalam 1

Tahun

Harga Alat B : Rp. 1.750.000.000

Biaya Pasti Per Jam Kerja

Nilai Sisa C : 10% x B (9)

Alat

: 10% x Rp. 1.750.000.000

: Rp. 175.000.000,00

Faktor Angsuran Modal D ; $\frac{i \times (1 + i)^A}{(1 + i)^A - 1}$ (10)

: $\frac{10\% \times (1 + 10\%)^{10}}{(1 + 10\%)^{10} - 1}$

: 0,163

Biaya Pengembalian Modal E : $\frac{(B - C) \times D}{W}$ (11)

: $\frac{(1.750.000.000 - 175.000.000) \times D}{2000}$

: $\frac{1.575.000.000 \times 0,163}{2000}$

: Rp. 128.912,00

Asuransi, Pajak F : $\frac{2\% \times B}{W}$ (12)

: $\frac{2\% \times 1.750.000.000}{2000}$

: 1.750,00

Biaya Pasti Per Jam G : (E+F) (13)

: 128.912,00 + 1.750,00

: Rp. 129.912,00/jam

: 128.912,00 + 1.750,00

: Rp. 129.912,00/jam

Biaya Operasional Per Jam Kerja

Bahan Bakar : (10% s.d 12%) x Pw x Ms (14)

*Diambil 12% karena pelaksanaan

pekerjaan berat lebih dari 2000

jam kerja per tahun

: 12% x 138 x 21.450,00

: Rp. 355.212,00

Pelumas : (0,25% s.d 0,35%) x Pw x Mp (15)

: 0,30% x 138 x 25.500,00

: Rp. 10.557,00

Biaya Bengkel : $\frac{(2,2\% \text{ s.d } 2,8\%) \times B}{W}$ (16)

: $\frac{2,5\% \times 1.750.000.000}{2000}$

: Rp. 21.875,00

Perawatan dan Perbaikan : $\frac{(6,4\% \text{ s.d } 9\%) \times B}{W}$ (17)

	:	$\frac{7,7\% \times 1.750.000.000}{2000}$			=	(Rp. 501.930,00 + Rp. 103.000,00 + Rp. 93.000,00) x 2
	:	Rp. 67.375,00			=	Rp. 1.395.860,00
Operator	:	1 orang/jam x U1	(18)	Biaya Sewa Trailer		
	:	1 x 16.142,86		Jarak Gudang ke Area Poyek	=	117 km (Surabaya – Tulungagung)
	:	Rp. 16.142,86			=	234 (jarak PP)
Pembantu Operator	:	1 orang/jam x U2	(19)	Rasio BBM (1 : 5)	=	0,2
	:	1 x 13.285,71		Harga BBM	=	Rp.21.450,00
	:	Rp. 13.285,71		Kebutuhan BBM PP	=	Jarak x rasio BBM (25)
Biaya Operasional Alat/Jam	:	(H+I+J+K+L+M)	(20)		=	Jarak Gudang ke Area Proyek x Rasio BBM
	:	Rp. 355.212,00 + Rp. 10.557,00 + Rp. 21.875,00 + Rp. 67.375,00 + Rp. 16.142,86 + Rp. 16.142,86 + Rp. 13.285,71			=	234 x 0,2
	:	Rp. 484.447,57/jam		Biaya BBM	=	46,8 liter
Total Biaya Sewa Alat/Jam	:	(Biaya Pasti + Biaya Operasional)	(21)		=	Harga BBM x Kebutuhan BBM PP (26)
	:	Rp. 129.912,00 + Rp. 484.447,57			=	Rp. 21.450,00 x 46,8 liter
	:	Rp. 614.359,57/jam			=	Rp. 1.003.860,00
Lain-Lain				Lama Perjalanan (35 km/jam)	=	Jarak Gudang ke Area Poyek/35 km/jam (27)
Tingkat Suku Bunga	:	10%			=	234/35
Upah Operator/Sopir/Jam	:	Rp. 16.142,86			=	6,69 jam
Upah Pem. Operator/Supir/Jam	:	Rp. 13.285,71		Upah Sopir PP	=	Rp.103.000,00/hari x 2 (28)
Bahan Bakar Solar	:	21.450,00			=	Rp.206.000,00
Minyak Pelumas	:	25.500,00		Upah Pembantu Sopir PP	=	Rp. 93.000,00/hari x 2 (29)
					=	Rp.186.000,00
Biaya Mobilisasi	:			Total Biaya Pasti	=	Biaya BBM + Upah Sopir PP + Upah Pembantu Sopir PP (30)
Jarak Gudang ke Area Poyek	=	117 km (Surabaya – Tulungagung)			=	Rp. 1.003.860,00 + Rp.206.000,00 + Rp.186.000,00
Rasio BBM (1:5)	=	0,2			=	Rp. 1.395.860,00
Harga BBM	=	Rp.21.450,00		Harga Sewa Trailer	=	Rp.386.887,65/jam
Kebutuhan BBM	=	Jarak Gudang ke Area Proyek x Rasio BBM (22)		Kebutuhan Waktu Antar	=	6,69 jam
	=	117 x 0,2		Lama Sewa Alat	=	Kebutuhan Waktu Antar + 2 jam Bongkar Muat + 1 jam Waktu Lain-Lain (31)
	=	23,4 liter			=	6,69 jam + 2 jam + 1 jam
Biaya BBM	=	Harga BBM x Kebutuhan BBM (23)			=	9,69 jam
	=	Rp. 21.450,00 x 23,4		Total Harga Sewa Trailer	=	Harga Sewa Trailer x Lama Sewa Alat (32)
	=	Rp. 501.930,00			=	Rp.386.887,65 x 9,69 jam
Upah Sopir PP	=	Rp. 103.000,00			=	Rp. 3.747.283,22
Upah Pembantu Sopir PP	=	Rp. 93.000,00		Total Biaya Sewa	=	Total Biaya Pasti + Total Harga Sewa Trailer (33)
Kebutuhan Mob+Demob	=	(Biaya BBM + Upah Sopir PP + Upah Pembantu Sopir PP) x 2 (24)			=	Rp. 1.395.860,00 + Rp. 3.747.283,22
					=	Rp 5.143.143,22/unit

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Mob+Demob} &= \text{Total Biaya Sewa} \times 2 \quad (34) \\
 &= \text{Rp. } 5.143.143,22 \times 2 \\
 &= \text{Rp. } 10.286.286,44
 \end{aligned}$$

Tabel 6 Rekapitulasi Biaya Sewa dan Operasional

No.	Alat Berat	Biaya Sewa & Operasional
1	Excavator Komatsu PC200	Rp. 614.359,57
2	Excavator Caterpillar 320GX	Rp. 619.529,43
3	Dump Truck Hino FM 260 JD	Rp. 854.607,26
4	Dump Truck Mitsubishi FM 517 HL	Rp. 695.883,70
5	Bulldozer Komatsu D85E-SS	Rp. 1.413.009,52
6	Bulldozer Komatsu D65P-12	Rp. 1.019.563,21
7	Motor Grader Liugong 4140D	Rp. 634.124,66
8	Motor Grader SANY STG190C-8S	Rp. 805.759,28
9	Vibratory Roller Ammann ASC 100 D	Rp. 470.993,16
10	Vibratory Roller Caterpillar CS533E	Rp. 465.684,69
11	Water Tank Truck Hino Dutro 130HD	Rp. 410.784,20

Sumber: Hasil analisa

Optimalisasi alternatif kombinasi alat berat pada pekerjaan stripping dilakukan melalui metode simpleks dalam pemrograman linier. Contoh perhitungan dimulai dari pekerjaan *Stripping* alternatif 1.

- 1) Penentuan Variabel Keputusan
 - a. X_1 = Jumlah unit Excavator Tipe Komatsu PC 200 (EXC1)
 - b. X_2 = Jumlah unit Dump Truck Tipe Hino FM 260 JD (DT1)
 - c. X_3 = Jumlah unit Bulldozer Tipe Komatsu D85E-SS (BD1)
- 2) Menentukan fungsi tujuan

$$\begin{aligned}
 Z_{\min} &= C_1.X_1 + C_2.X_2 + C_3.X_3 \quad (35) \\
 &= \text{Rp. } 614.359,57.X_1 + \text{Rp. } 854.607,26.X_2 + \text{Rp. } 1.413.009,52.X_3
 \end{aligned}$$
- 3) Penentuan fungsi kendala

Kendala volume

$$\begin{aligned}
 188.716 X_1 &\geq 92.001 \\
 26.705 X_2 &\geq 92.001 \\
 103.064 X_3 &\geq 92.001
 \end{aligned}$$

Kendala ketergantungan alat

$$\begin{aligned}
 7.067 X_1 - 1 X_2 &\leq 0 \\
 1.831 X_1 - 1 X_3 &\leq 0 \\
 7.067 X_3 - 1.831 X_2 &\leq 0
 \end{aligned}$$

Kendala ketidak negatipan

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

Rekapitulasi hasil optimasi pemakaian alat berat per jam dapat dilihat pada Gambar 1.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 4505256.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.487510	0.000000
X2	3.445342	0.000000
X3	0.892659	0.000000

Gambar 1 Hasil Optimasi Aplikasi Lindo 6.1 Kombinasi 1 Pada Pekerjaan Stripping

Sumber: Hasil perhitungan

Hasil optimasi dengan bantuan aplikasi Lindo 6.1 menunjukkan bahwa jumlah alat berat yang paling efisien adalah sebagai berikut :

Excavator Tipe Komatsu PC 200 : $0,487 \approx 1$ Unit

Dump Truck Tipe Hino FM 260 JD : $3,445 \approx 3$ Unit

Bulldozer Tipe Komatsu D85E-SS : $0,892 \approx 1$ Unit

Biaya minimum penggunaan alat berat yang diperoleh adalah sebesar Rp4.505.256 per jam. (jumlah alat belum dibulatkan), setelah jumlah alat dibuatkan, maka total harga didapatkan Rp 4.591.190/Jam.

Tabel 7 Tabel Optimasi Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Stripping

KA	Jml unit	Harga (Rp.)	Harga/jam (Rp.)	Total Harga/jam (Rp.)
Alternatif 1				
EXC1	1	614.359,57	614.359,57	4.591.190,86
DT1	3	854.607,26	2.563.821,77	
BD1	1	1.413.009,52	1.413.009,52	
Alternatif 2				
EXC1	1	614.359,57	614.359,57	4.197.744,54
DT1	3	854.607,26	2.563.821,77	
BD2	1	1.019.563,21	1.019.563,21	
Alternatif 3				
EXC1	1	614.359,57	614.359,57	4.810.903,88
DT2	4	695.883,70	2.783.534,79	
BD1	1	1.413.009,52	1.413.009,52	
Alternatif 4				
EXC1	1	614.359,57	614.359,57	4.417.457,56
DT2	4	695.883,70	2.783.534,79	
BD2	1	1.019.563,21	1.019.563,21	
Alternatif 5				
EXC2	1	619.529,43	619.529,43	4.596.360,72
DT1	3	854.607,26	2.563.821,77	
BD1	1	1.413.009,52	1.413.009,52	
Alternatif 6				
EXC2	1	619.529,43	619.529,43	4.202.914,40
DT1	3	854.607,26	2.563.821,77	

KA	Jml unit	Harga (Rp.)	Harga/jam (Rp.)	Total Harga/jam (Rp.)
BD2	1	1.019.563,21	1.019.563,21	
Alternatif 7				
EXC2	1	619.529,43	619.529,43	4.816.073,74
DT2	4	695.883,70	2.783.534,79	
BD1	1	1.413.009,52	1.413.009,52	
Alternatif 8				
EXC2	1	619.529,43	619.529,43	4.422.627,42
DT2	4	695.883,70	2.783.534,79	
BD2	1	1.019.563,21	1.019.563,21	

Sumber: Hasil analisa

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis optimasi penggunaan alat berat pada Proyek Pembangunan JLS Lot 1A di STA 2+900 - STA 6+000 dengan menggunakan metode simpleks dalam program linier, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Volume dari masing-masing pekerjaan yaitu :
 - Volume pekerjaan *stripping* pada kondisi tanah asli tercatat sebesar 52.569,500 m³, sedangkan dalam kondisi lepas menjadi 65.711,875 m³.
 - Pekerjaan galian badan jalan memiliki volume sebesar 333.275,650 m³ pada kondisi tanah asli, dan meningkat menjadi 416.594,5625 m³ setelah lepas.
 - Volume galian untuk *box culvert* mencapai 1.071,070 m³ dalam keadaan asli, dan 1.338,838 m³ dalam kondisi lepas.
 - Pekerjaan timbunan badan jalan menunjukkan volume 132.640,800 m³ dalam kondisi padat, dan 184.370,712 m³ dalam kondisi lepas.
 - Sementara itu, timbunan pada *box culvert* memiliki volume sebesar 617,390 m³ dalam kondisi padat, dan 672,955 m³ saat dalam kondisi lepas.
- Metode pelaksanaan pada setiap pekerjaan, yaitu :
 - Pekerjaan *stripping* dilakukan dengan metode pengupasan terbuka dengan mengupas lapisan *topsoil* sedalam 30 cm di area timbunan, dan 50 cm di area galian.
 - Pekerjaan galian badan jalan menggunakan metode galian terbuka, yaitu penggalian permukaan tanah hingga elevasi rencana sesuai dengan spesifikasi teknis.
 - Pekerjaan galian *box culvert* sama dengan metode galian badan jalan, yaitu dengan menggunakan metode galian terbuka.
 - Pekerjaan timbunan badan jalan dilakukan dengan metode timbunan berlapis, yaitu penimbunan bertahap dari permukaan eksisting

- hingga elevasi rencana disertai pemadatan dan dilakukan *sandcone test* pada tiap lapisnya.
- Pekerjaan timbunan *box culvert* sama dengan timbunan badan jalan yaitu menggunakan metode timbunan berlapis.
- Adapun alat berat yang digunakan pada masing-masing jenis pekerjaan meliputi :
 - Pekerjaan *stripping*, galian badan, dan galian *box culvert* : excavator, dump truck, dan bulldozer.
 - Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan badan jalan terdiri dari excavator, dump truck, motor grader, vibratory roller, dan water tank.
 - Pekerjaan timbunan *box culvert* : excavator, dump truck, bulldozer, vibratory roller, dan water tank.
 - Alternatif kombinasi alat berat yang memberikan hasil paling optimum pada masing-masing pekerjaan dirinci sebagai berikut :
 - Pekerjaan *stripping* : kombinasi ke-2 = EXC1, DT1, dan BD2.
 - Pekerjaan galian badan jalan : kombinasi ke-4 = EXC1, DT2 dan BD2.
 - Pekerjaan galian *box culvert* : kombinasi ke-4 = EXC1, DT2 dan BD2.
 - Pekerjaan timbunan badan jalan : kombinasi ke-10 yaitu = EXC1, DT2, MG1, VR1 dan WTT.
 - Pada pekerjaan timbunan *box culvert* : kombinasi ke-15 yaitu = EXC2, DT2, BD2, VR1, dan WTT.
 - Biaya sewa alat berat untuk semua pekerjaan, antara lain :
 - Excavator Tipe Komatsu PC 200 (EXC1) = Rp. 614.359,57
 - Excavator Tipe Caterpillar 320GX (EXC2) = Rp. 619.529,43
 - Dump Truck Tipe Hino FM 260 JD (DT1) = Rp. 854.607,26
 - Dump Truck Tipe Mitsubishi FM 517 HL (DT2) = Rp. 695.883,70
 - Bulldozer Tipe Komatsu D85E-SS (BD1) = Rp. 1.413.009,52
 - Bulldozer Tipe Komatsu D65P-12 (BD2) = Rp. 1.019.563,21
 - Motor Grader Tipe Liugong 4140D (MG1) = Rp. 634.124,66
 - Motor Grader Tipe SANY STG190C-8S (MG2) = Rp. 805.759,28

Vibratory Roller Tipe Ammann ASC 100 D (VR1) = Rp. 450.378,15

Vibratory Roller Tipe Caterpillar CS533E (VR2) = Rp. 465.684,69

Water Tank Truck Tipe Hino Dutro 130HD (WTT) = Rp. 410.784,20

6. Kombinasi alat berat dan estimasi biaya paling optimal pada masing-masing pekerjaan dapat dirinci sebagai berikut :

- a. Pekerjaan *stripping* paling optimum menggunakan kombinasi 2, dengan biaya Rp. 4.197.744,54/jam dan total biaya alat Rp. 3.023.000.705,66.
- b. Pekerjaan galian badan jalan paling optimum menggunakan kombinasi 4, dengan biaya Rp. 14.029.780,51/jam dan total biaya alat Rp. 18.434.615.193,06.
- c. Pekerjaan galian *box culvert* paling optimum menggunakan kombinasi 4, dengan biaya Rp. 2.329.806,47/jam dan total biaya alat Rp. 821.092.052,08.
- d. Timbunan badan jalan paling optimum menggunakan kombinasi 10, dengan biaya Rp. 17.714.617,88/jam dan total biaya alat Rp. 7.813.848.837,34.
- e. Timbunan *box culvert* paling optimum menggunakan kombinasi 15, dengan biaya Rp. 3.083.405,52/jam dan total biaya alat Rp. 685.049.962,26.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Sarmada, J. Setiono, and F. Purnomo, "Optimasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Jls Paket 9 Sta 0+000-3+000," vol. 3, no. 4, pp. 200–207, 2022, [Online]. Available: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- [2] A. Ramadhan, J. Setiono, and sitti safiatus Riskijah, "Optimasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan," vol. 3, pp. 200–207, 2024.
- [3] A. W. Al-ghifari, S. S. Riskijah, and D. Lydianingtias, "View of OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN TEROWONGAN BENDUNGAN X.pdf," vol. 4, pp. 278–284, 2023.
- [4] R. Kaban and D. J. Sembiring, "Sistem Pendukung Keputusan dengan Linear Programming untuk Optimasi Media Promosi," vol. 6, pp. 117–129, 2024.
- [5] G. rosalia sangle Kuddi, "Studi Perbandingan Biaya Pada Proyek Pembangunan Rumah Khusus Bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (Mbr) Dan Tni Di Kab. Dogiyai Prov. Papua," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [6] A. T. Tenriajeng, "Pemindahan Tanah Mekanis," 2003, GUNADARMA.
- [7] S. F. Rostiyanti, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi, Edisi Kedua*. PT Inti Cipta, 2008.
- [8] M. Ikhsan, "TINJAUAN PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEMBANGUNAN JARINGAN IRIGASI PANTI RAO KABUPATEN PASAMAN," 2021.
- [9] Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Peraturan Menteri PUPR Nomor 8 Tahun 2023," no. 683, 2023, [Online]. Available: www.peraturan.go.id
- [10] A. Kholil, "Alat berat: Alat berat," *Isbn 978-979692-080-8*, pp. 1–275, 2012.
- [11] Dumairy, "Matematika Terapan untuk Bisnis dan Ekonomi," 2018. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttp://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [12] T. Sriwidadi and E. Agustina, "ANALISIS OPTIMALISASI PRODUKSI DENGAN LINEAR PROGRAMMING MELALUI METODE SIMPLEKS," *Binus Bus. Rev.*, vol. 4, no. 9, pp. 725–741, 2013.
- [13] H. Siringoringo, "Seri Teknik Riset Operasional," 2005.
- [14] Aminudin, "Prinsip-prinsip Riset Operasi.pdf," 2008, *Erlangga, Jakarta*.
- [15] Z. Arifin, "Penggunaan Software Lindo Dalam Matakuliah Program Linier," *Sustain.*, vol. 03, no. 1, pp. 1–14, 2018, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttp://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI