

OPTIMASI ALAT BERAT PADA JALAN AKSES BANDARA VVIP IBU KOTA NUSANTARA RAMP AKSES STA 0+000-1+750

Zakiy Fatkurrahman Efendi¹, Indah Ria Riskiyah²

Mahasiswa D-IV Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹

Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

zakif620@gmail.com¹, indahria@gmail.com²

ABSTRAK

Proyek pembangunan Jalan Akses menuju Bandara VVIP di Ibu Kota Nusantara (IKN) termasuk dalam agenda Proyek Strategis Nasional yang berfungsi sebagai penghubung antara bandara, Kota Balikpapan, dan Kawasan Inti Pusat Pemerintahan. Skala pekerjaan yang besar menuntut efisiensi tinggi dalam penggunaan alat berat untuk menekan biaya dan waktu pelaksanaan. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kombinasi alat berat pada pekerjaan galian, timbunan, lapis pondasi agregat, lean concrete, dan rigid pavement dengan metode program linier pendekatan simpleks menggunakan aplikasi LINDO. Volume pekerjaan meliputi galian sebesar 873.591,19 m³, timbunan 294.156,03 m³, lapis pondasi agregat 10.943,20 m³, lean concrete 3.118,05 m³, dan rigid pavement 9.760,16 m³. Biaya operasional per jam alat berat berkisar dari Rp 312.719,71 (Dump Truck Hino 130HD) hingga Rp 1.172.866,62 (Slipform Paver SF1700). Hasil optimasi menunjukkan bahwa konfigurasi paling efektif meliputi, yaitu: (1) pekerjaan galian dengan 6 excavator Caterpillar 320D dan 18 dump truck Hino 130HD (Rp 6.915.239,72/jam); (2) timbunan dengan 2 excavator, 11 dump truck, 6 vibro roller, 7 motor grader, 5 sheep foot roller, dan 7 water tank truck (Rp 7.912.208.766,70); (3) lapis pondasi agregat menggunakan alternatif 3 (Rp 744.839.389,68); serta (4) lean concrete dan rigid pavement dengan alternatif 2, masing-masing Rp 187.639.760,66 dan Rp 849.203.366,66. Pendekatan optimasi ini efektif diterapkan dalam proyek skala besar untuk menghasilkan perencanaan alat berat yang efisien secara teknis dan ekonomis.

Kata kunci : optimasi alat berat, program linier, metode simpleks, biaya konstruksi, infrastruktur, ibu kota nusantara, perangkat lunak lindo

ABSTRACT

The construction of the VVIP Airport Access Road in the Nusantara Capital City (IKN) area is part of the National Strategic Project aimed at connecting the airport, Balikpapan City, and the Central Government Core Area (KIPP). Due to the large project scale, optimizing the use of heavy equipment is essential to reduce operational costs and shorten project duration. This study aims to determine the most efficient combination of heavy equipment for excavation, embankment, aggregate base course, lean concrete, and rigid pavement works. The optimization was carried out using a linear programming approach with the simplex method via the LINDO application. The work volumes include 873,591.19 m³ of excavation, 294,156.03 m³ of embankment, 10,943.20 m³ of aggregate base course, 3,118.05 m³ of lean concrete, and 9,760.16 m³ of rigid pavement. The hourly operating cost of heavy equipment ranges from IDR 312,719.71 (Dump Truck Hino 130HD) to IDR 1,172,866.62 (Slipform Paver SF1700). The optimization results indicate the most efficient configurations are: (1) excavation using 6 Caterpillar 320D excavators and 18 Hino 130HD dump trucks (IDR 6,915,239.72/hour); (2) embankment with 2 excavators, 11 dump trucks, 6 vibro rollers, 7 motor graders, 5 sheep foot rollers, and 7 water tank trucks (IDR 7,912,208,766.70); (3) aggregate base course using the third alternative (IDR 744,839,389.68); and (4) lean concrete and rigid pavement works using the second alternative, at IDR 187,639,760.66 and IDR 849,203,366.66 respectively. These findings demonstrate that the simplex optimization approach is effective for planning technically and economically efficient heavy equipment deployment in large-scale infrastructure projects.

Keywords: heavy equipment optimization, linear programming, simplex method, construction cost, infrastructure, ikn, lindo software

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia terus berkembang pesat sebagai respons terhadap pertumbuhan jumlah penduduk serta perkembangan teknologi yang semakin maju, termasuk pembangunan jalan akses yang mendukung konektivitas antarwilayah. Salah satu proyek strategis nasional adalah pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP di Ibu Kota Nusantara yang berfungsi sebagai jalur penghubung antara bandara, Kota Balikpapan, dan Kawasan Inti Pusat Pemerintahan. Proyek ini menghadapi tantangan besar, terutama dari sisi volume pekerjaan dan kebutuhan efisiensi pelaksanaan konstruksi. Pekerjaan utama meliputi galian, timbunan, lapis pondasi agregat, lean concrete dan rigid pavement. Dalam skala pekerjaan sebesar ini, penggunaan alat berat menjadi komponen krusial yang memengaruhi waktu dan biaya pelaksanaan. Oleh karena itu, diperlukan strategi optimasi untuk menentukan kombinasi dan jumlah alat berat yang paling efisien, dengan tetap mempertimbangkan spesifikasi dan biaya operasional tiap jenis alat. Penggunaan metode ini bertujuan untuk mengoptimalkan alat berat yang digunakan tersebut dengan menerapkan metode program linier menggunakan pendekatan simpleks, guna memperoleh solusi biaya minimum tanpa mengurangi mutu pekerjaan “OPTIMASI ALAT BERAT PADA JALAN AKSES BANDARA VVIP IBU KOTA NUSANTARA RAMP AKSES STA 0+000-1+750” sebagai fokus kajian dalam penelitian ini.

Dengan mempertimbangkan permasalahan yang telah diidentifikasi dalam latar belakang, maka rumusan masalah yang menjadi fokus kajian adalah sebagai berikut:

1. Berapa volume pekerjaan pada proyek Jalan Akses Bandara Vvip Ibu Kota Nusantara?
2. Berapa biaya operasional alat berat pada proyek Jalan Akses Bandara Vvip Ibu Kota Nusantara?
3. Kombinasi alat berat seperti apa yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek Jalan Akses Bandara VVIP Ibu Kota Nusantara?

Langkah – langkah yang harus dilakukan dalam penyusunan serta menghitung optimasi kombinasi alat berat meliputi langkah-langkah berikut:

1. Menentukan volume untuk menentukan luasan area pada tiap cross section yang harus dikerjakan pada masing – masing pekerjaan:
Luas = (area sebelum + area sesudah) / 2
Volume = (Luas X Panjang)
2. Menghitung produktivitas dengan menentukan biaya operasional pada setiap alat berat dalam per jam (m3/jam):

a. Excavator

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fv}$$

Keterangan:

V = Volume bucket alat;

Fb = Koefisien faktor isi bucket;

Fa = Faktor efesiensi kerja alat;

Ts = Waktu satu siklus;

60 = konversi dari jam ke menit

b. Dump Truck

$$T1 = \frac{v \times 60}{D \times Q \text{ exc}}$$

$$T2 = \frac{L}{V1}$$

$$T3 = \frac{L}{V2}$$

$$Q = \frac{V \times Fa \times DT \times 60}{D \times Ts}$$

Keterangan:

V = Volume bucket alat;

Fa Dt = Faktor efesiensi kerja alat;

V1 = Kecepatan rata-rata isi muatan;

V2 = Kecepatan rata-rata tanpa muatan;

D = Berat jenis;

T1 = Waktu untuk muat material;

T2 = Waktu untuk tempuh isi material;

c. Vibro Roller

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

Keterangan:

B = Lebar alat pemadatan;

Bo = Lebar tumpang tindih;

W = Lebar total dipadatkan per lintasan;

V = Kecepatan beroperasi;

1000 = Konversi satuan km ke m;

Fa = Fakor waktu efektif;

N = jumlah lajur lintasan;

Menghitung biaya operasional alat berat:

a. Biaya tetap yang dikeluarkan

Nilai residu,

$$C = 10\% \times B$$

Keterangan:

C = Nilai residu

B = Harga

Faktor investasi alat,

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

Keterangan:

i = Suku bunga alat

D = Faktor angsuran

A = Umur alat

Biaya Pengembalian,

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

Keterangan:

E = Biaya yang kembali

B = Harga membeli

C = Nilai residu

D = Faktor angsuran

W = jam kerja

Asuransi pajak,

$$F = \frac{0.002 \times B}{W}$$

Keterangan:

F = Komponen biaya tambahan

B = Harga membeli

W = Total jam kerja

b. Biaya keperluan perjam

Biaya bahan bakar,

$$A = (0,10 - 0,12) \times P_w \times M_s$$

Keterangan:

P_w = Daya mesin

M_s = Konsumsi bahan bakar

Biaya pelumas,

$$I = (0,25\% - 0,35\%) \times P_w \times M_s$$

Keterangan:

P_w = Daya mesin

M_s = Konsumsi bahan bakar

Biaya Bengkel,

$$J = \frac{(2.2\% - 2.8\%) \times B}{W}$$

Keterangan:

B = Harga membeli

W = Jam kerja

Biaya perawatan,

$$K = \frac{(6.4\% - 9\%) \times B}{W}$$

Keterangan:

B = Harga membeli

W = Jam kerja

Biaya operator,

$$L = 1 \times U_1$$

Keterangan:

U_1 = Upah harga gaji

3. Menentukan serta menghitung kombinasi alat berat yang digunakan dengan menggunakan metode simpleks menggunakan bantuan aplikasi Lindo.

Fungsi tujuan = maksimasi dan minimasi dari

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots$$

Menentukan kendala sebagai pada rumus dibawah:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots (\leq, =, \geq)$$

Aplikasi Lindo ialah program yang berfungsi sebagai pembantu dalam penyelesaian program linier seperti penentuan aritmatik guna untuk optimalisasi dari tujuan dan beberapa kendala lain.

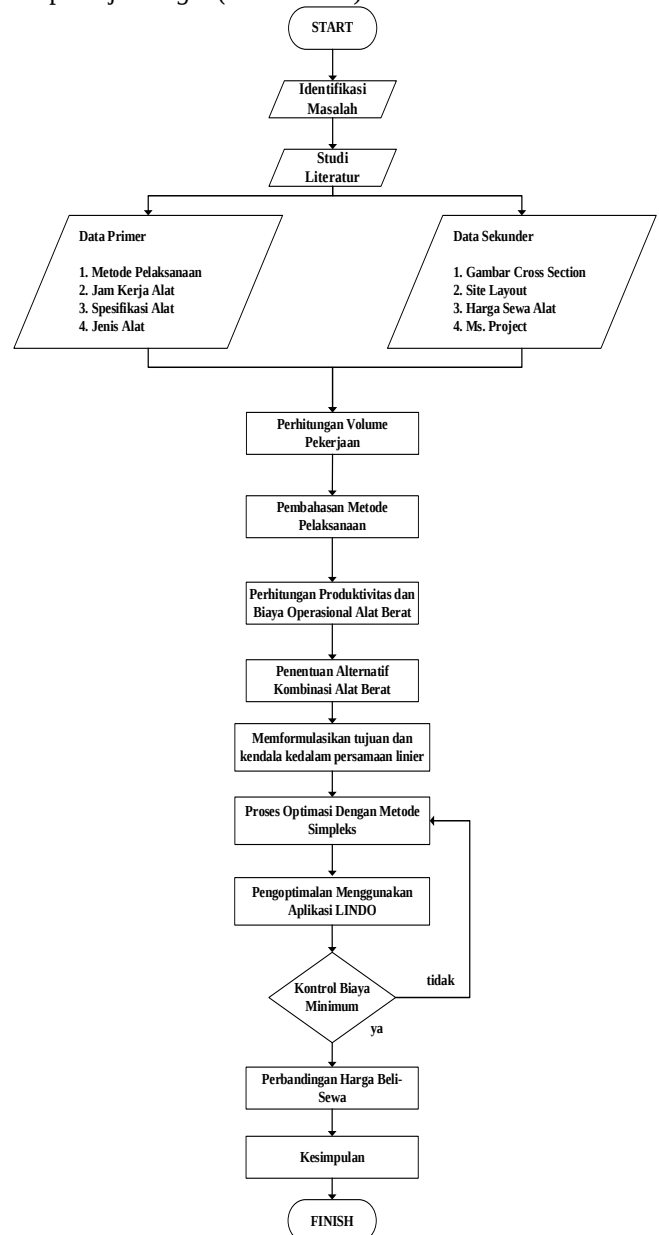
Kendala yang dibutuhkan:

- Kendala volume,
Produktivitas alat $X \geq$ Volume pekerjaan
- Kendala luas area,
luas alat X_1 , luas alat X_2 , luas alat $X_3 \dots X_n \leq$ luas area kerja
- Kendala ketergantungan alat,
jumlah alat yang saling bergantung $\geq$ volume pekerjaan
- Kendala ketersediaan alat,
Jumlah alat di kali lebar $\leq$ luas area kerja
- Kendala Ketidak negatifaan,
 $X_1 X_2 X_3 \dots X_n \geq 0$

2. METODE

Berikut merupakan diagram alir yang digunakan untuk menentukan tahapan dalam perhitungan optimasi

alat berat pekerjaan jalan meliputi pekerjaan galian, timbunan, lapis pondasi agregat, *learn concrete*, hingga pekerjaan *rigid* (Gambar 1.1)



Gambar 1. 1 Diagram alir optimasi alat berat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Pekerjaan

Pada pelaksanaan tersebut yaitu mulai dari pekerjaan galian, timbunan, lapis pondasi agregat, *learn concrete*, hingga pekerjaan *rigid* menghitung berdasarkan data cross section. Perhitungan volume pekerjaan dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1. 1 Hasil Perhitungan Volume

Pekerjaan	Jarak	Area	Volume
-----------	-------	------	--------

Galian Biasa	1715.8	13,989.50	337,962.22
Galian Batu Lunak	1715.8	21,577.64	535,628.96
Timbunan	1715.8	12,713.37	294,156.03
Lapis Pondasi Agregat	1715.8	450.48	10,943.20
Learn Concrete	1715.8	128.55	3,118.05
Rigid	1715.8	401.88	9,760.16

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Produktivitas alat Berat

Alat berat yang digunakan memiliki jumlah produktifitas yang berbeda serta perhitungan upah alat pada perjam. Hasil dari perhitungan masing-masing alat dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. 2 Perhitungan Produktivitas Alat

No	Alat Berat	Produktivitas
1	EXC1	214.29
2	EXC2	212.05
3	DT1	43.21
4	DT1	43.1
5	DT2	35.61
6	DT2	35.49
7	VR1	84.86
8	MG1	66.37
9	SFR1	135.49
10	WTT	142.29
11	CMT1	9.6
12	CMT2	6.01
13	SF1	89.64

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1. 3 Perhitungan Upah Alat

No	Alat Berat	Produktivitas	Satuan
1	EXC1	Rp 411,726.75	/jam
2	EXC2	Rp 450,194.38	/jam
3	DT1	Rp 246,937.74	/jam
4	DT2	Rp 419,323.93	/jam
5	VR1	Rp 467,105.55	/jam
6	MG1	Rp 395,965.16	/jam
7	SFR1	Rp 447,970.48	/jam
8	WTT	Rp 261,857.74	/jam
9	CMT1	Rp 483,735.95	/jam
10	CMT2	Rp 283,606.68	/jam
11	SF1	Rp 788,723.30	/jam

Sumber : Hasil Perhitungan

Proses Optimasi Menggunakan Program Linier Lindo Metode Simpleks

Setelah menyelesaikan perhitungan mulai dari volume pekerjaan hingga kombinasi alat berat, Langkah selanjutnya yaitu proses optimasi penggunaan alat berat dengan bantuan aplikasi LINDO.

Berikut ini merupakan hasil optimasi dengan alternatif penggunaan alat berat yang paling optimal:

a. Pada Pekerjaan Galian

Fungsi Tujuan,

$$\text{Min} = 411.726,75X_1 + 246.937,74X_2$$

Fungsi Kendala Volume,

$$160 \geq 1.020,551$$

$$55,92 \geq 1.020,551$$

Fungsi Kendala Luas Area,

$$X_1 \leq 3$$

$$X_2 \leq 6$$

Fungsi Kendala Ketergantungan Alat,

$$3X_1 - 1X_2$$

$$1X_2 - 3X_1$$

Fungsi Kendala Ketersediaan Alat Berat,

$$2,8 \leq 30,80$$

$$1,95 \leq 30,80$$

Fungsi Kendala Ketidak Negatifan

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

Berikut hasil optimasi dari aplikasi Lingo 18.0 yang ditunjukkan pada gambar dibawah:

Variable	Value	Reduced Cost
X1	6.378444	0.000000
X2	18.25020	0.000000

Gambar 1. 2 Hasil Aplikasi LINDO

Tabel 1. 4 Rekapitulasi Total Harga Perjam

Alternatif Ke	Kombinasi Alat	Harga Unit	Jumlah Unit	Total Harga/Jam
	EXC1	Rp 411,726.75	6	Rp 6,915,239.72
Alternatif 1	DT1	Rp 246,937.74	18	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1. 5 Hasil Biaya Sewa Pekerjaan Galian

Uraian	Durasi/Jam	Biaya Sewa/Jam Rp.	Biaya Sewa Total Rp.
Alternatif 1	856	6,915,239.72	5,919,445,202.54

Sumber : Hasil Perhitungan

- b. Pada Pekerjaan Timbunan
 Fungsi Tujuan,
 $\text{Min} = 411.726,75 X_1 + 246.937,74 X_2 + 467.105,55 X_3 + 395.956,16 X_4 + 447.970,48 X_5 + 261.857,74 X_6$
 Fungsi Kendala Volume,
 $214,29 \geq 490,260$
 $43,21 \geq 490,260$
 $84,86 \geq 490,260$
 $66,37 \geq 490,260$
 $135,49 \geq 490,260$
 $142,29 \geq 490,260$
 Fungsi Kendala Luas Area,
 $X_1 \leq 3$
 $X_2 \leq 6$
 $X_3 \leq 13$
 $X_4 \leq 15$
 $X_5 \leq 12$
 $X_6 \leq 16$
 Fungsi Kendala Ketergantungan Alat,
 $5X_1 - 1X_2$
 $3X_2 - 5X_3$
 $3X_3 - 3X_4$
 $2X_4 - 3X_5$
 $2X_4 - 2X_6$
 Fungsi Kendala Ketersediaan Alat Berat,
 $2,8 \leq 30,80$
 $1,95 \leq 30,80$
 $2,38 \leq 30,80$
 $2,13 \leq 30,80$
 $2,50 \leq 30,80$
 $1,97 \leq 30,80$
 Fungsi Kendala Ketidak Negatifan
 $X_1 \geq 0$
 $X_2 \geq 0$
 $X_3 \geq 0$
 $X_4 \geq 0$
 $X_5 \geq 0$
 $X_6 \geq 0$
 Berikut hasil optimasi dari aplikasi Lingo 18.0 yang ditunjukkan pada gambar dibawah:

Variable	Value	Reduced Cost
X1	2.297934	0.000000
X2	11.34598	0.000000
X3	5.777280	0.000000
X4	7.386771	0.000000
X5	4.924514	0.000000
X6	7.386771	0.000000

Gambar 1. 3 Hasil Aplikasi LINDO

Tabel 1. 6 Rekapitulasi Total Harga Perjam

Alternatif Ke	Kombinasi Alat	Harga Unit	Jumlah Unit	Total Harga/Jam
Alternatif 1	EXC1	Rp		
		411,726.75	2	
	DT1	Rp		
		246,937.74	11	Rp
	VR1	Rp		
		467,105.55	6	13,187,014.61
	MG1	Rp		
		395,965.16	7	

SFR1	Rp	
	447,970.48	5
WTT	Rp	
	261,857.74	7

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1. 7 Hasil Biaya Sewa Pekerjaan Timbunan

Uraian	Durasi/Jam	Biaya Sewa/Jam Rp.	Biaya Sewa Total Rp.
Alternatif 1	600	13,187,014.61	7,912,208,766.70

Sumber : Hasil Perhitungan

- c. Pada Pekerjaan Lapis Pondasi agregat
 Fungsi Tujuan,
 $\text{Min} = 411.726,75 X_1 + 246.937,74 X_2 + 467.105,55 X_3 + 395.956,16 X_4 + 261.857,74 X_5$
 Fungsi Kendala Volume,
 $155,84 \geq 30,398$
 $21,79 \geq 30,398$
 $84,86 \geq 30,398$
 $66,37 \geq 30,398$
 $135,49 \geq 30,398$
 Fungsi Kendala Luas Area,
 $X_1 \leq 3$
 $X_2 \leq 6$
 $X_3 \leq 13$
 $X_4 \leq 15$
 $X_5 \leq 16$
 Fungsi Kendala Ketergantungan Alat,
 $1X_1 - 1X_2$
 $1X_3 - X_2$
 $1X_3 - 1X_4$
 $1X_4 - 1X_5$
 $1X_1 - 1X_5$
 Fungsi Kendala Ketersediaan Alat Berat,
 $2,8 \leq 30,80$
 $1,95 \leq 30,80$
 $2,38 \leq 30,80$
 $2,13 \leq 30,80$
 $2,50 \leq 30,80$
 $1,97 \leq 30,80$
 Fungsi Kendala Ketidak Negatifan,
 $X_1 \geq 0$
 $X_2 \geq 0$
 $X_3 \geq 0$
 $X_4 \geq 0$
 $X_5 \geq 0$

Berikut hasil optimasi dari aplikasi Lingo 18.0 yang ditunjukkan pada gambar dibawah:

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.2513925	0.000000
X2	1.797935	0.000000
X3	0.4616663	0.000000
X4	0.5902818	0.000000
X5	0.5902818	0.000000

Gambar 1. 4 Hasil Aplikasi LINDO

Tabel 1. 8 Rekapitulasi Total Harga Perjam

Alternatif Ke	Kombinasi Alat	Harga Unit	Jumlah Unit	Total Harga/Jam
Alternatif 2	EXC1	Rp 411,726.75	1	Rp 1,955,979.13
	DT2	Rp 419,323.93	1	
	VR1	Rp 467,105.55	1	
	MG1	Rp 395,965.16	1	
	WTT	Rp 261,857.74	1	

Tabel 1. 9 Hasil Biaya Sewa Pekerjaan LPA

Uraian	Durasi/Jam	Biaya Sewa/Jam Rp.	Biaya Sewa Total Rp.
Alternatif 2	360	Rp 1,955,979.13	Rp 704,152,487.12

Sumber : Hasil Perhitungan

d. Pada Pekerjaan Learn Concrete

Fungsi Tujuan,

$$\text{Min} = 605.637,66 X_1 + 327.477,00 X_2$$

Fungsi Kendala Volume,

$$9,6 \geq 9,064$$

$$71,14 \geq 9,064$$

Fungsi Kendala Luas Area,

$$X_1 \leq 12$$

$$X_2 \leq 16$$

Fungsi Kendala Ketergantungan Alat,

$$1X_1 - 1X_2$$

Fungsi Kendala Ketersediaan Alat Berat,

$$2,49 \leq 30,80$$

$$1,97 \leq 30,80$$

Fungsi Kendala Ketidak Negatifan,

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

Berikut hasil optimasi dari aplikasi yang ditunjukkan pada gambar dibawah:

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.9441667	0.000000
X2	0.9441667	0.000000

Gambar 1. 5 Hasil Aplikasi LINDO**Tabel 1. 10** Rekapitulasi Total Harga Perjam

Alternatif Ke	Kombinasi Alat	Harga Unit	Jumlah Unit	Total Harga/Jam
Alternatif 2	WTT	Rp 261,857.74	1	Rp 545,464.42
	CMT2	Rp 283,606.68	1	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1. 11 Hasil Biaya Sewa Pekerjaan LC

Uraian	Durasi/Jam	Biaya Sewa/Jam Rp.	Biaya Sewa Total Rp.
Alternatif 2	344	Rp 545,464.42	Rp 187,639,760.66

Sumber : Hasil Perhitungan

e. Pada Pekerjaan Rigid

Fungsi Tujuan,

$$\text{Min} = 483.735,95 X_1 + 788.723,3 X_2 + 261.857,74 X_3$$

Fungsi Kendala Volume,

$$9,6 \geq 28,373$$

$$89,64 \geq 28,373$$

$$71,14 \geq 28,373$$

Fungsi Kendala Luas Area,

$$X_1 \leq 12$$

$$X_2 \leq 9$$

$$X_3 \leq 16$$

Fungsi Kendala Ketergantungan Alat,

$$1X_1 - 1X_2$$

$$1X_2 - 1X_3$$

Fungsi Kendala Ketersediaan Alat Berat,

$$2,49 \leq 30,80$$

$$3,65 \leq 30,80$$

$$1,97 \leq 30,80$$

Fungsi Kendala Ketidak Negatifan,

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

Berikut hasil optimasi yang ditunjukkan pada gambar dibawah:

Variable	Value	Reduced Cost
X1	2.955521	0.000000
X2	0.9851736	0.000000
X3	0.9851736	0.000000

Gambar 1. 6 Hasil Aplikasi LINDO**Tabel 1. 12** Rekapitulasi Total Harga Perjam

Alternatif Ke	Kombinasi Alat	Harga Unit	Jumlah Unit	Total Harga/Jam
Alternatif 2	SF1	Rp 788,723.30	1	Rp 2,468,614.44
	WTT	Rp 261,857.74	1	
	CMT2	Rp 283,606.68	5	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1. 13 Hasil Biaya Sewa Pekerjaan Rigid

Uraian	Durasi/Jam	Biaya Sewa/Jam Rp.	Biaya Sewa Total Rp.
Alternatif 2	344	Rp 2,468,614.44	Rp 849,203,366.66

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil optimasi penggunaan alat berat untuk pekerjaan mulai dari galian, timbunan, lapis pondasi agregat, learn concrete, dan rigid pada Proyek Pembangunan Jalan Akses Bandara Vvip IKN STA 0+000 s/d 0+1750, dengan pendekatan metode linier di dapat masing-masing kesimpulan sebagai berikut:

1. Total volume pekerjaan dengan total galian 873.591,19 m³, pekerjaan timbunan 294.156,03 m³, pekerjaan lapis pondasi agregat 10.943,20 m³, pekerjaan lean concrete 3.118,05 m³, dan pekerjaan perkerasan kaku/rigid 9.760,16 m³.
2. Biaya operasional masing-masing alat berat perjam sebagai berikut:
 Excavator tipe caterpillar 320D Rp. 776.984,40 /jam
 Excavator tipe SK 200 Rp. 798.455,90 /jam
 Dump truck tipe hino 130 HD Rp. 312.719,71 /jam
 Dump truck tipe ranger FG 235 JJ Rp. 934.876,35 /jam
 Vibro roller tipe volvo 139 Rp. 513.743,10 /jam
 Motor grader tipe Mitsubishi MG330 Rp. 811.364,16 /jam
 Sheep foot roller tipe ammann ASC200 Rp. 556.210,31 /jam
 Water tank truck Mitsubishi 125HD Rp. 327.477,00 /jam
 Concrete mixer truck tipe WM 800 Hino Rp. 605.637,66 /jam
 Concrete mixer truck tipe WM 300 Hino Rp. 352.950,34 /jam
 Slipform paver tipe powerpaver SF1700 Rp. 1.172.866,62 /jam
3. Kombinasi alat berat digunakan yaitu pada saat dilakukan optimasi, penggunaan alat berat paling murah yaitu pada Proyek Jalan Akses Bandara Vvip STA 0+000 s/d 1+750, yaitu:
 - a. Pekerjaan galian menggunakan alternatif 1 yaitu 6 excavator caterpillar 320D dan 18 dump truck tipe hino 130HD, dengan total biaya Rp. 6.915.239,72
 - b. Pekerjaan timbunan menggunakan alternatif 1 yaitu 2 excavator caterpillar 320D, 11 dump truck tipe hino 130HD, 6 vibro roller tipe volvo 139, 7 motor grader tipe Mitsubishi MG330, 5 sheep foot roller tipe ammann ASC-200, dan 7 water tank truck mitsubishi 125HD dengan total biaya Rp. 7.912.208.766,70
 - c. Pekerjaan lapis pondasi agregat menggunakan alternatif 2 yaitu 1 excavator caterpillar 320D, 1 dump truck tipe ranger FG 235, 1 vibro roller tipe volvo 139, 1 motor grader tipe Mitsubishi MG330, dan 1 water tank truck mitsubishi 125HD dengan total biaya Rp. 704.152.487,12
 - d. Pekerjaan lean concrete alternatif 2 yaitu 1 concrete mixer truck tipe wm 300 hino, 1 water tank truck mitsubishi 125HD dengan total biaya Rp. 187.639.760,66
 - e. Pekerjaan rigid menggunakan alternatif 2 yaitu 5 concrete mixer truck tipe wm 300 hino, 1 water tank truck mitsubishi 125HD dan 1 slipform paver tipe powerpaver SF-1700 dengan total biaya Rp. 849.203.366,66

DAFTAR PUSTAKA

- aputro, C., & Teknologi Yogyakarta Koresponden, U. (2023). Analysis Productivity of Heavy Equipment Combination on Cliff Excavation Work of JJLS Tepus Development Project-Jerukwudel Gunungkidul. *Jcebt*, 7(1). <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Dewi, N. L. G. A. P., Purnomo, F., & Riskiyah, I. R. (2023). OPTIMASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PROYEK TOL PASURUAN-PROBOLINGGO STA 31+300 - 34+000.pdf. *JOS-MRK*, 4(3), 301–308. <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/>
- Listyawan, A. B., Sahid, M. N., Mulyono, G. S., & Fadhlullah, H. K. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 8–12. <https://doi.org/10.23917/dts.v14i1.15272>
- Octavia, D. M., & Putra, D. K. (2022). Produktivitas Dan Emisi Alat Berat Pekerjaan Lapis Pondasi Pada Proyek Kontruksi Jalan. *Ensiklopedia of Journal*, 4(4), 169–173. <https://doi.org/10.33559/eoj.v4i4.1216>
- Prima, G. R., & Hafudiansyah, E. (2022). PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PROYEK JALAN TOL (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Seksi 2, Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan). *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(2), 74–81. <https://doi.org/10.37058/aks.v3i2.4595>
- Putra, D. R., Riskiyah, I. R., & Purnomo, F. (2024). OPTIMASI ALAT BERAT PEKERJAAN CUT AND FILL PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN – PROBOLINGGO SEKSI 4 (STA. 32+150 – STA. 37+150).pdf. *JOS-MRK*, 5(1), 63–68. <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Sulaiman, M., Rahmat, M. H., Teknik, F., Komputer, I., Islam, U., Rahmat, R., Teknik, F., Komputer, I., Islam, U., Rahmat, R., & Berat, A. (2017). Tingkat Produktivitas Studi Kasus Pcs. 1(1), 33–38.
- Supit, D. D. (2020). Analisa Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, Dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 906–917. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5i1.959>
- Z, M. M., Yamali, F. R., & Saputra, R. (2023). Analisis Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Peremajaan Sawit pada Lahan Gambut. *Jurnal Civronlit Unbari*, 8(1), 44. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v8i1.109>