

OPTIMASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PROYEK JLS PAKET 9 STA 0+000-3+000

Mochamad Hasan Sarmada¹, Joko Setiono², Fadjar Purnomo³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

hasansarmada20@gmail.com¹, jokosetiono405@gmail.com², fadjarpurnomo@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Galian dan timbunan adalah salah satu pekerjaan yang harus dipertimbangkan penggunaan alat berat karena banyak tipe dan kapasitas yang berbeda. Karena kapasitasnya yang berbeda, alat berat harus dipilih dengan cermat dan benar untuk mengoptimalkan penggunaannya dan efisiensi biaya sewa alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian dan timbunan Proyek JLS Paket 9 Malang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan produktifitas alat berat, menentukan jumlah dan biaya sewa alat berat, serta menentukan kombinasi yang optimal. Metode yang digunakan untuk mendapatkan hasil optimum menggunakan metode program linier. Data yang digunakan adalah spesifikasi alat berat, gambar potongan melintang, harga sewa alat berat. Hasil optimasi menunjukkan kebutuhan alat berat dan biaya operasional yang optimum pada setiap alternatif kombinasi. Pada pekerjaan galian dipilih kombinasi 3 dengan biaya Rp 3.155.871/Jam, dengan komposisi 1 unit excavator, 2 unit bulldozer, 3 unit dump truck. Pada pekerjaan timbunan dipilih kombinasi 4 dengan biaya 3.406.416/Jam dengan komposisi 1 unit motor grader, 2 unit vibro roller, dan 4 unit water tank truck. Total waktu pengerjaan pekerjaan galian didapatkan waktu pelaksanaan 98 hari dan pada pekerjaan timbunan didapatkan waktu pelaksanaan 19 hari dengan total biaya Rp 1.342.789.266,-

Kata kunci : optimasi; kombinasi; alat berat; galian dan timbunan

ABSTRACT

Excavation and embankment is one of the jobs that must be considered using heavy equipment because there are many different types and capacities. Because of their different capacities, heavy equipment must be selected carefully and correctly to optimize their use and cost efficiency in renting heavy equipment used in the excavation and embankment work of the JLS Package 9 Malang Project. The purpose of this study is to determine the type and productivity of heavy equipment, determine the amount and cost of renting heavy equipment, and determine the optimal combination. The method used to obtain optimum results using linear programming method. The data used are heavy equipment specifications, cross-sectional images, heavy equipment rental prices. The optimization results show the optimum need for heavy equipment and operational costs for each alternative combination. In the excavation work, combination 3 was chosen at a cost of Rp. 3,155,871/hour, with the composition of 1 excavator, 2 bulldozers, 3 dump trucks. In the embankment work, combination 4 was chosen at a cost of 3,406,416/hour with a composition of 1 motor grader, 2 vibro rollers, and 4 water tank trucks. The total time for the excavation work was 98 days and the embankment work was 19 days with a total cost of Rp. 1,342,789,266,-

Keywords : optimization; combination; heavy equipment; excavation and embankment

1. PENDAHULUAN

Lokasi jalur lintas selatan paket 9 merupakan daerah perbukitan yang terjal sehingga volume pekerjaan tanah cukup besar dan akses yang sulit, hal ini menyebabkan perlunya optimasi alat berat yang baik agar tidak terjadi kerugian akibat pemilihan alat berat yang tidak cocok, kombinasi dan jumlah alat berat yang tidak efektif dan pekerjaan tidak dapat diselesaikan tepat waktu.

Berdasarkan evaluasi pengamatan yang dilakukan pada waktu pelaksanaan proyek JLS paket 9 terjadi idling time dimana mesin alat berat dibiarkan tetap menyala meskipun tidak digunakan sehingga kurang efektif dan efisien yang mengakibatkan pembengkakan biaya dan memperlambat waktu pengerjaan. Dengan demikian perlu adanya manajemen penggunaan alat berat pada proyek JLS paket 9.

Mengingat biaya penggunaan alat berat ini relatif mahal dan masing-masing dari alat berat memiliki beberapa tipe, kapasitas dan biaya sewa yang berbeda-beda. Sehingga kombinasi dan jumlah alat berat yang dipakai dilokasi proyek harus diperhitungkan agar mencapai efisiensi yang diinginkan. Pelaksanaan biaya minimum ini dapat dianalisa menggunakan model matematik, salah satu caranya adalah dengan program linier. Program linier merupakan suatu program yang dipakai sebagai metode penentuan nilai optimum dari suatu persoalan linier.

Dengan memperhatikan latar belakang memperhatikan latar belakang dan permasalahan tersebut maka tujuan pembahasan ini meliputi:

1. Mengetahui jenis dan tipe alat berat apa saja yang digunakan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Jalan Lintas Selatan Paket 9.
2. Menentukan kombinasi alat berat yang digunakan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Jalan Lintas Selatan Paket 9.
3. Menentukan kombinasi alat berat yang mana yang paling murah setelah dioptimasi untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Jalan Lintas Selatan Paket 9.
4. Menghitung rencana anggaran biaya dan penjadwalan alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Jalan Lintas Selatan Paket 9.

Langkah-langkah dalam perhitungan optimasi alat berat adalah sebagai berikut:

1. Menghitung volume dari pekerjaan galian dan timbunan Proyek JLS Paket 9;
2. Menentukan jenis alat berat sesuai dengan metode pelaksanaan sehingga akan diketahui jenis alat berat dandirencanakan tipe alat berat berdasarkan Katalog Alat Berat Kementerian Pekerjaan Umum 2013;
3. Menghitung produktifitas alat berat dihitung untuk mengetahui berapa besar volume yang dikerjakan

pada masing-masing alat berat dalam 1 jam (m³/jam);

a. Excavator

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

Keterangan:

V = Kapasitas *bucket*; m³

Fb = Faktor *bucket*

Fa = Faktor efisiensi alat

Fv = Faktor konversi

Ts = Waktu siklus; menit

b. Bulldozer

$$Q = \frac{q \times Fb \times Fm \times Fa \times 60}{Ts}$$

Q = Produksi per jam (m³/jam)

Fb = Faktor Pisau

Fa = Faktor Efisiensi

Fm = Faktor Kemiringan Pisau

Ts = Waktu Siklus (menit)

q = Kapasitas Pisau (m³)

c. Dump Truck

$$Q = \frac{(V \times Fax60)}{(D \times Ts)}$$

Keterangan:

Q = kapasitas produksi dump truck; m³/jam

V = kapasitas bak; ton

Fa = faktor efisiensi alat

Fk = faktor pengembangan bahan

D = berat isi material (lepas, gembur); ton/m³

Ts = waktu siklus; menit

d. Motor Grader

$$Q = \frac{Lh \times \{n(b - b0) + b0\} \times Fa \times 60 \times t}{N \times n \times Ts}$$

Keterangan:

Lh = panjang hamparan; m

bo = lebar overlap; m

Fa = faktor efisiensi kerja

t = tebal hamparan padat

n = jumlah lintasan; lintasan

N = jumlah pengupasan tiap lintasan

v = kecepatan rata-rata; km/jam

b = lebar pisau efektif; m

60 = konversi jam ke menit

Ts = waktu siklus; menit

e. Vibratory Roller

$$Q = \frac{be \times v \times Fa \times t}{n}$$

Keterangan:

b = lebar roda pematik

bo = lebar overlap

be = lebar efektif pemadatan = (b-bo)

t = tebal pemadatan

Fa = Faktor efisiensi alat

n = jumlah lintasan

- V = Kecepatan Alat
- Q = Produksi per jam (m³/jam)

f. Water Tank Truck

$$Q = \frac{Pa \times Fa \times 60}{Wc \times 1000}$$

Keterangan :

- V = volume tangki air; m³
- Wc = kebutuhan air/m³ material padat; m³
- Pa = kapasitas pompa air; diambil 100 liter/menit;
- Fa = faktor efisiensi alat
- 60 = konversi jam ke menit
- 1000 = perkalian dari km ke m

4. Menghitung biaya sewa dan operasional dihitung untuk mengetahui berapa besar biaya pada masing-masing jenis alat berat dalam 1 jam (Rp.).

a. Menghitung Biaya Pasti (Permen PUPR no 1 tahun 2022)

$$G = (E + F) = \frac{(B - C)xD}{W} + \frac{InsxB}{W} = \frac{(B - C)xD + (InsxD)}{W}$$

Keterangan:

- G = biaya pasti per jam (rupiah);
- B = harga pokok alat setempat (rupiah);
- C = nilai sisa alat;
- D = faktor angsuran/pengembalian modal;
- E = biaya pengembalian modal;
- F = biaya asuransi, pajak dll per tahun;
- W = jumlah jam kerja alat dalam satu tahun.

b. Menghitung Biaya Operasional (Permen PUPR no 1 tahun 2022)

$$P = H+I+J+K+L+M$$

Keterangan:

- H = Banyaknya bahan bakar yang dipergunakan dalam 1 jam dengan satuan lt/jam;
- I = Banyaknya minyak pelumas yang dipakai dalam 1 jam dengan satuan lt/jam;
- J = Besarnya biaya bengkel (*workshop*)/jam;
- K =Biaya perbaikan termasuk penggantian suku cadang yang aus;
- L = Upah operator atau *driver*;
- M = Upah pembantu operator atau pembantu *driver*

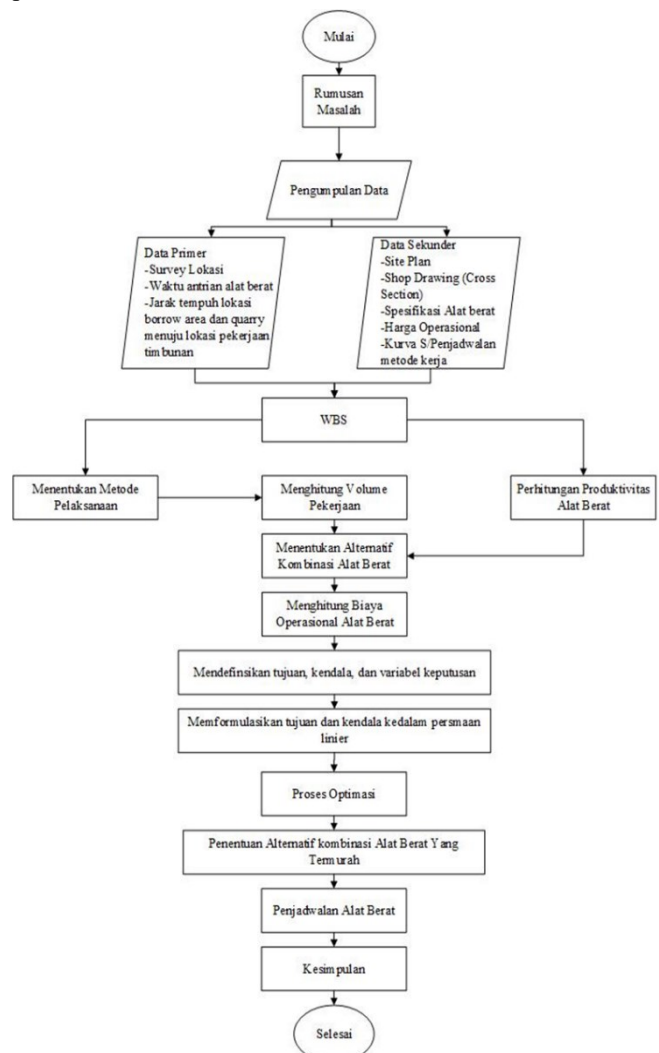
5. Alternatif kombinasi dipilih berdasarkan seluruh jenis alat berat dan tipe dari spesifikasi alat berat yang berbeda menurut Katalog Alat Berat 2013 Kementerian Pekerjaan Umum yang direncanakan dalam proses optimasi pemilihan alat berat yang efektif dan efisien dalam Proyek JLS Paket 9 Malang berdasarkan volume dari pekerjaan yang

besar, luas area proyek yang terbatas, dan faktor ketergantungan dari masing-masing alat berat di setiap jenis pekerjaan;

6. Proses optimasi menggunakan program linier metode Simpleks menggunakan bantuan LINDO.

2. METODE

Obyek penelitian adalah pada Proyek Pembangunan JLS Paket 9 Sta 0+000-3+000. Pengumpulan data dilakukan dengan memperoleh data penunjang seperti data sekunder dari proyek tersebut. Data yang digunakan yaitu data *site plan*, *cross section*, spesifikasi alat yang digunakan, harga operasional alat berat, metode kerja pekerjaan galian dan timbunan. Setelah mendapatkan data sekunder, kemudian dilakukan analisa dan pengolahan data yaitu mengoptimasi penggunaan alat berat. Berikut merupakan flowchart metode penelitian:



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Pekerjaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan Proyek JLS Paket 9, harus memperhitungkan volume pekerjaan pada setiap masing-masing item pekerjaan. Hasil dari perhitungan volume pekerjaan dapat dilihat di dalam **tabel 1**.

Tabel 1. Rekap Perhitungan Galian & Timbunan Sta 0+000-3+000 JLS Paket 9 Malang

STA	Vol. Galian	Vol. Timbunan	Satuan
0+000-1+000	29.137,80	5.033,50	m3
1+000-2+000	28.947,09	4.682,98	m3
2+000-3+000	21.827,90	22.730,75	m3
Total Volume	79.912,79	32.446,63	m3

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis & Tipe Alat Berat Yang Digunakan

Dalam pelaksanaan alat pemilihan yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan Proyek Jalan Lintas Selatan Paket 9, perlu mempertimbangkan pekerjaan apa saja yang berlangsung sesuai dengan urutan jenis pekerjaan.

1. Pekerjaan Galian, pekerjaan ini membutuhkan alat berat yang digunakan untuk mengupas tanah eksisting, memindahkan tanah (menggali) dan membawa material (hauling) dari lokasi proyek ke area pembuangan.
2. Pekerjaan Timbunan, pekerjaan ini membutuhkan alat berat yang digunakan untuk mengeruk tanah dari lokasi galian ke dalam alat berat yang dibawa untuk dibawa ke lokasi proyek (hauling), lalu diratakan dan dipadatkan serta disiram udara untuk menyiram material.

Tabel 2. Daftar Tipe Alat Berat Pekerjaan Galian

No	Kode	Nama Alat	Merk dan Tipe	Keterangan
1	EXC1	Excavator	Caterpillar 320D2	-
2	EXC2	Excavator	Komatsu PC 200-8MO	Milik Proyek
3	BD1	Bulldozer	ZOOMLION ZD 160-3	-
4	BD2	Bulldozer	Komatsu D85E SS-2	Milik Proyek
5	DT1	Dump Truck	FE SHD K	-
6	DT2	Dump Truck	Hino 500 FG 235 JJ	Milik Proyek

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3. Daftar Tipe Alat Berat Pekerjaan Timbunan

No	Kode	Nama Alat	Merk dan Tipe	Keterangan
1	MG1	Motor Grader	Caterpillar 120 K	Milik Proyek
2	MG2	Motor Grader	Mitsubishi MG330	-
3	VR1	Vibratory Roller	SAKAI SV700D	Milik Proyek
4	VR2	Vibratory Roller	Ammann ASC-200	-
5	WTT1	Water Tank Truck	Mitsubishi 125HD	Milik Proyek

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Produktifitas Alat Berat

Alat berat yang dipakai memiliki masing-masing produktifitas yang berbeda. Produktifitas alat berat dicari menggunakan **Persamaan 1; 2; 3**. Hasil dari perhitungan produktifitas alat berat dapat dilihat pada **Tabel 4 & 5**.

Tabel 4. Rekap Produktifitas Alat Berat Pekerjaan Galian Pada Proyek JLS Paket 9

No	Jenis Alat	Produktifitas	Satuan	Keterangan
1	EXC1	109,514	m3/jam	-
2	EXC2	101,848	m3/jam	-
3	BD1	65,652	m3/jam	-
4	BD2	64,740	m3/jam	-
5	DT1	38,187	m3/jam	EXC1
6	DT2	37,016	m3/jam	EXC2
7	DT1	50,815	m3/jam	EXC1
8	DT2	48,763	m3/jam	EXC2

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. Rekap Produktifitas Alat Berat Pekerjaan Timbunan Pada Proyek JLS Paket 9

No	Jenis Alat	Produktifitas	Satuan	Keterangan
1	MG1	248,333	m3/jam	-
2	MG2	209,899	m3/jam	-
3	VT1	106,074	m3/jam	-
4	VT2	117,130	m3/jam	-
5	WTT1	71,143	m3/jam	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembentukan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Alternatif kombinasi alat berat dipilih berdasarkan seluruh jenis alat berat dan tipe dari spesifikasi alat berat yang berbeda menurut Katalog Alat Berat 2013 Kementerian Pekerjaan Umum yang direncanakan dalam proses optimasi pemilihan alat berat yang efektif dan efisien dalam Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang di *interchange* X. Hal ini berdasarkan volume dari pekerjaan yang besar, luas area proyek yang terbatas, dan faktor ketergantungan dari masing-masing alat berat pada setiap jenis pekerjaan. Penentuan alternatif kombinasi alat berat dapat dilihat di dalam **Tabel 6 & 7**.

Tabel 6. Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian

No	Alat Berat	Alternatif Kombinasi							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Excavator	EXC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC1	EXC1	EXC2	EXC2
2	Bulldozer	BD1	BD1	BD1	BD1	BD2	BD2	BD2	BD2
3	Dump Truck	DT1	DT2	DT1	DT2	DT1	DT2	DT1	DT2

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan

No	Alat Berat	Alternatif Kombinasi			
		1	2	3	4
1	MG	MG1	MG2	MG1	MG2
2	VT	VR1	VR2	VR2	VR1
3	WTT	WTT1	WTT1	WTT1	WTT1

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Biaya Operasional Alat Berat

Setiap jenis alat berat memiliki biaya sewa dan operasional serta biaya mobilisasi dalam penggunaan di lapangan sehingga perlu dihitung dengan **Persamaan 4 dan 5**. Hasil dari perhitungan biaya sewa dan operasional alat berat dapat dilihat di dalam **Tabel 8**.

Tabel 8. Rekap Biaya Sewa & Operasional Alat Berat Pada Proyek JLS Paket 9 Malang

No	Jenis Alat	Biaya Sewa & Operasional	Satuan
1	EXC1	Rp 605.528,062	/jam
2	EXC2	Rp 528.011,135	/jam
3	BD1	Rp 633.064,360	/jam
4	BD2	Rp 704.648,249	/jam
5	DT1	Rp 453.910,266	/jam
6	DT2	Rp 785.754,394	/jam
7	MG1	Rp 561.736,374	/jam
8	MG2	Rp 499.287,445	/jam
9	VT1	Rp 589.100,288	/jam

10	VT2	Rp 733.316,284	/jam
11	WTT1	Rp 432.232,025	/jam

Sumber: Hasil Perhitungan

Proses Optimasi Menggunakan Program Linier Metode Simpleks

Setelah terjabarkan volume pekerjaan, produktivitas alat berat, alternatif kombinasi, biaya sewa dan operasional, lalu masuk ke langkah proses optimasi yang harus menjabarkan masing-masing kendala. Setelah itu masuk ke langkah proses optimasi menggunakan aplikasi LINDO (*Linier Interactive Discrete Optimizer*). Berikut ini adalah hasil optimasi dengan alternatif penggunaan alat berat yang optimal:

Optimasi Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian

1. Penentuan Variabel Keputusan
 X_1 = Jumlah unit Excavator
 X_2 = Jumlah unit Bulldozer
 X_3 = Jumlah unit Dump Truck
2. Penentuan Fungsi Tujuan
 $Min = 605528X_1 + 633604X_2 + 453910X_3$
3. Penentuan Fungsi Kendala
 $109,514 X_1 \geq 109,514$
 $65,652 X_2 \geq 109,514$
 $38,187 X_3 \geq 109,514$
 $X_1 \leq 2$
 $X_2 \leq 4$
 $X_3 \leq 5$
 $5X_1 - 3X_2 = 0$
 $9X_1 - 3X_3 = 0$
 $9X_2 - 5X_3 = 0$
4. Penentuan Fungsi Ketidaknegatifan
 $X_1 \geq 0$
 $X_2 \geq 0$
 $X_3 \geq 0$

Berikut hasil optimasi penggunaan alat berat per jam dapat dilihat pada **gambar 2**.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000859	0.000000
X2	1.668098	0.000000
X3	3.002577	0.000000

Gambar 2. Hasil Optimasi Alternatif 1 Pekerjaan Galian Dengan Menggunakan Lindo 6.1

Sumber: Dokumen Pribadi

Didapatkan:
 Excavator Tipe Caterpillar 320D2 : 1,00 ≈ 1 Unit
 Bulldozer Tipe ZOOMLION ZD 160-3 : 1,66 ≈ 2 Unit
 Dump Truck Tipe Hino FM 260 JM : 3,00 ≈ 3 Unit

$$Z_{min} = Rp\ 605.528X_1 + Rp\ 633.064X_2 + Rp\ 453.910X_3$$

$$Z_{min} = Rp\ 605.528 \cdot 1 + Rp\ 633.064 \cdot 2 + Rp\ 453.910 \cdot 3$$

$$= Rp\ 3.233.388/\text{Jam}$$

Tabel 9. Hasil Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Proyek JLS Paket 9 Malang Sta 0+000-3+000

Pekerjaan Galian				
Altntf	Kombinasi Alat Berat	Harga Unit/Jam	Jumlah Unit/Jam	Total Harga/Jam
1	EXC1	Rp 605.528	1	Rp 3.233.388
	BD1	Rp 633.064	2	
	DT1	Rp 453.910	3	
2	EXC1	Rp 605.528	1	Rp 3.443.166
	BD1	Rp 633.064	2	
	DT2	Rp 785.754	2	
3	EXC2	Rp 528.011	1	Rp 3.155.871
	BD1	Rp 633.064	2	
	DT1	Rp 453.910	3	
4	EXC2	Rp 528.011	1	Rp 3.365.649
	BD1	Rp 633.064	2	
	DT2	Rp 785.754	2	
5	EXC1	Rp 605.528	2	Rp 3.934.518
	BD2	Rp 453.910	3	
	DT1	Rp 453.910	3	
6	EXC1	Rp 605.528	2	Rp 4.896.510
	BD2	Rp 704.648	3	
	DT2	Rp 785.754	2	
7	EXC2	Rp 528.011	2	Rp 4.531.698
	BD2	Rp 704.648	3	
	DT1	Rp 453.910	3	
8	EXC2	Rp 528.011	2	Rp 4.741.476
	BD2	Rp 704.648	3	

DT2	Rp	2
	785.754	

Sumber: Hasil Perhitungan

Optimasi Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan

1. Penentuan Variabel Keputusan
 X_1 = Jumlah unit Excavator
 X_2 = Jumlah unit Bulldozer
 X_3 = Jumlah unit Dump Truck
2. Penentuan Fungsi Tujuan
 $Min = 561736X_1 + 589100X_2 + 432232X_3$
3. Penentuan Fungsi Kendala
 $248,333 X_1 \geq 248,333$
 $106.793 X_2 \geq 248,333$
 $71,143 X_3 \geq 248,333$
 $X_1 \leq 4$
 $X_2 \leq 5$
 $X_3 \leq 5$
 $5X_1 - 2X_2 = 0$
 $7X_1 - 2X_3 = 0$
 $7X_2 - 5X_3 = 0$
4. Penentuan Fungsi Ketidaknegatifan
 $X_1 \geq 0$
 $X_2 \geq 0$
 $X_3 \geq 0$

Berikut hasil optimasi penggunaan alat berat per jam dapat dilihat pada **gambar 3**.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	0.000000
X2	2.500000	0.000000
X3	3.500000	0.000000

Gambar 3. Hasil Optimasi Alternatif 1 Pekerjaan Timbunan Dengan Menggunakan Lindo 6.1

Sumber: Dokumen Pribadi

Didapatkan:

- Motor Grader Tipe Mitsubishi MG330 : 1,00 ≈ 1 Unit
 Vibratory Roller Tipe SAKAI SV700D : 2,50 ≈ 3 Unit
 Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD : 3,50 ≈ 4 Unit
 $Z_{min} = Rp\ 561.736X_1 + Rp\ 589.100X_2 + Rp\ 432.232X_3$
 $Z_{min} = Rp\ 561.736 \cdot 1 + Rp\ 589.100 \cdot 3 + Rp\ 432.232 \cdot 4$
 $= Rp\ 4.057.965/\text{Jam}$

Tabel 10. Hasil Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek JLS Paket 9 Malang Sta 0+000-3+000

Pekerjaan Timbunan				
Altntf	Kombinasi Alat Berat	Harga Unit/Jam	Jumlah Unit/Jam	Total Harga/Jam
1	MG1	Rp 561.736	1	Rp 4.057.965
	VR1	Rp 589.100	3	
	WTT1	Rp 432.232	4	
2	MG2	Rp 499.287	1	Rp 3.694.848
	VR2	Rp 733.316	2	
	WTT1	Rp 432.232	4	
3	MG1	Rp 561.736	1	Rp 3.757.297
	VR2	Rp 733.316	2	
	WTT1	Rp 432.232	4	
4	MG2	Rp 499.287	1	Rp 3.406.416
	VR1	Rp 589.100	2	
	WTT1	Rp 432.232	4	

Sumber: Hasil Perhitungan

Penjadwalan Alat Berat

Penjadwalan pada proyek merupakan kegiatan menjadwalkan suatu proyek agar proyek tersebut selesai dengan target waktu yang dicapai. Penjadwalan pekerjaan galian dan timbunan menggunakan kombinasi alat berat yang berbeda kapasitasnya.

Barchart

Barchart merupakan diagram balok yang menunjukkan durasi waktu pelaksanaan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam proyek. Barchart yang ditunjukkan dengan panjang balok-balok yang berbeda mengartikan lamanya durasi pelaksanaan yang berbeda pada setiap pekerjaan. Barchart digunakan untuk merencanakan kegiatan dari waktu mulai dan selesai suatu pekerjaan. Berikut ini adalah contoh hasil Barchart pada Ms. Project 2019.

Precedence Digram Method (PDM)

Perencanaan penjadwalan alat berat galian dan timbunan dengan menggunakan *Precedence Diagram Method (PDM)* menggunakan Ms. Project 2019. Penyusunan *Precedence Diagram Method (PDM)* pada Ms. Project 2019 dengan menyusun barchart dan hasil dari *Precedence Diagram*

Method (PDM) dapat dilihat pada hasil Network Diagram. Berikut ini adalah contoh hasil Network Diagram PDM pada Ms. Project 2019.

Hasil dari *Precedence Diagram Method (PDM)* untuk perhitungan durasi pelaksanaan pekerjaan galian adalah 98 hari dan untuk pekerjaan timbunan adalah 19 hari.

Kurva S

Kurva S merupakan kurva yang digunakan untuk informasi yang berfungsi untuk mengetahui pengeluaran, kebutuhan biaya pelaksanaan proyek dan mengontrol kegiatan pelaksanaan pada proyek dengan cara membandingkan kurva S dengan kurva realisasi.

Pada Kurva S ditentukan perhitungan persentase bobot dari harga setiap alat berat dibandingkan dengan seluruh harga total alat berat dengan mengetahui durasi pelaksanaan pekerjaan. Berikut ini adalah contoh perhitungan bobot alat berat excavator.

$$Bobot = \frac{Harga\ Alat\ Excavator}{Harga\ Total\ Semua\ Alat} \times 100\%$$

$$Bobot = \frac{Rp\ 414.292.633}{Rp\ 1.342.789.266} \times 100\%$$

$$Bobot = 30,85\%$$

Setelah mengetahui bobot alat berat, selanjutnya adalah mengonversi durasi pekerjaan yang sudah didapatkan dari perhitungan durasi pada penjadwalan (hari) ke dalam bentuk minggu. Kemudian tahap selanjutnya yaitu menghitung kumulatif dan total kumulatif setiap pekerjaan. Durasi yang digunakan pada kurva s adalah 98 hari atau 14 minggu dengan total biaya Rp 1.342.789.266,-.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan optimasi penggunaan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek JLS Paket 9 Malang STA 0+000-3+000, dengan menggunakan *Linier Metode Simpleks* diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek JLS Paket 9 Malang STA 0+000-3+000, sehingga diketahui bahwa masing-masing pekerjaan memerlukan alat berat yang berbeda, yaitu:
 - a. Pada pekerjaan galian, jenis alat berat yang digunakan yaitu:
 1. Excavator Tipe Caterpillar 320D2 (EXC1)
 2. Excavator Tipe Komatsu PC 200-8MO (EXC2)
 3. Bulldozer Tipe ZOOMLION ZD 160-3 (BD1)
 4. Bulldozer Tipe Komatsu D85E SS-2 Angle Dozer (BD2)
 5. Dump Truck Tipe FE SHD K (DT1)
 6. Dump Truck Tipe Hino 500 FG 235 JJ (DT2)
 - b. Pada pekerjaan timbunan, jenis alat berat yang digunakan yaitu:

1. Motor Grader Tipe Caterpillar 120 K (MG1)
 2. Motor Grader Tipe Mitsubishi MG330 (MG2)
 3. Vibratory Roller Tipe SAKAI SV700D (VR1)
 4. Vibratory Roller Tipe Ammann ASC-200 (VR2)
 5. Water Tank Truck Mitsubishi 125 HD (WTT1)
2. Alternatif Kombinasi (AK) alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek JLS Paket 9 Malang STA 0+000-3+000 adalah sebagai berikut:
- a. Pekerjaan Galian
 - AK1 = EXC1,BD1,DT1
 - AK2 = EXC1,DB1,DT2
 - AK3 = EXC2,BD1,DT1
 - AK4 = EXC2,BD1,DT2
 - AK5 = EXC1,BD2,DT1
 - AK6 = EXC1,BD2,DT2
 - AK7 = EXC2,BD2,DT1
 - AK8 = EXC2,BD2,DT2
 - b. Pekerjaan Timbunan
 - AK1 = MG1,VR1,WTT1
 - AK2 = MG2,VR2,WTT1
 - AK3 = MG1,VR2,WTT1
 - AK4 = MG2,VR1,WTT1
3. Melalui beberapa alternatif kombinasi yang sudah di optimasi, maka penggunaan alat berat yang paling murah pada pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan Proyek JLS Paket 9 Malang STA 0+000-3+000, yaitu:
- a. Pada pekerjaan galian menggunakan alternatif kombinasi 2 dengan total biaya Rp 3.155.871/Jam, dengan kombinasi 1 Excavator Tipe Komatsu PC200-8MO, 2 Bulldozer Tipe ZOOMLION ZD 160-3, 3 Dump Truck Tipe FE SHD K.
 - b. Pada pekerjaan timbunan menggunakan alternatif kombinasi 4 dengan total biaya Rp 3.406.416/Jam, dengan kombinasi 1 Motor Grader Tipe Caterpillar 120 K, 2 Vibratory Roller Tipe SAKAI SV700D, 4 Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD.
4. Hasil penyusunan penjadwalan dengan menggunakan metode *Barchart* dan *Precedence Diagram Method* (PDM) oleh Ms. Project 2019 pada pekerjaan galian didapatkan waktu pelaksanaan 98 hari dan pada pekerjaan timbunan didapatkan waktu pelaksanaan 19 hari dengan total biaya Rp 1.342.789.266,- .
- [2] Atmaja, B.A. 2017. "Optimasi Alat Berat pada Proyek Jalan Tol Solo - Kertosono (Ruas Ngawi - Kertosono) paket 3: (STA 130+771 sd 138+150)"
 - [3] Chirisma Wijaya, 2013. "Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Jalan Tol Gempol-Pandaan STA 5+500-STA 11+500"
 - [4] Diah Lydianingtiyas & Suhariyanto (2018). *Alat Berat*. POLINEMA PRESS, Politeknik Negeri Malang.
 - [5] Kholil, Ahmad. 2012. *Alat Berat*. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya
 - [6] Nurjuliawati Putri Haji Ali H. Tarore, D. R. O. Walangitan. M. Sibi. 2013. *Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Pemeliharaan Ruas Jalan Di Senduk, Tinoor, Dan Ratahan)* Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
 - [7] Qariatullahilyah dan Indryani, Retno. 2013. *Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat untuk Pekerjaan Pengangkutan dan Penimbunan pada Proyek Grand Island Surabaya dengan Program Linier*, Junak Teknik Pomits
 - [8] Rochmanhadi,1984. *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Menggunakan Alat-alat Berat*. Departement Pekerjaan Umum, Jakarta.
 - [9] Rochmanhadi (1985). *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
 - [10] Rosyanti, S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi Jakarta*. PT Rineka Cipta
 - [11] Rosyanti, S. F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi Edisi Kedua*. Jakarta. PT Rineka Cipta
 - [12] Siringoringo, Hotniar. 2005. *Seri Teknik Operasional Pemograman Linier*. Yogjakarta: Graha ilmu.
 - [13] Leatemia, K. E. 2013. *Optimasi Biaya Dan Durasi Proyek Menggunakan Program LINDO (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyebrangan Salakan Tahap II)*. Skripsi, Unsrat.
 - [14] *Katalog Alat Berat 2013* Kementerian Pekerjaan Umum

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi, Lukman. 2019. "Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Jalan Tol Pandaan Malang STA 30+065-STA 35+375"