

OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN EMPUNALA KOTA MOJOKERTO

Ahmad Reza Nurdiansyah^{*}, Fadjar Purnomo², Radhia Jatu Noviarsita Sakti³

Mahasiswa Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

nurdiansyahr00@gmail.com fadjar.purnomo@polinema.ac.id radhiasita@polinema.ac.id

ABSTRAK

Dalam pengerjaan Proyek Peningkatan Jalan Empunala, Kota Mojokerto, dilakukan beberapa jenis pekerjaan salah satunya pekerjaan galian. Jenis alat berat yang digunakan dalam pekerjaan tersebut memerlukan optimasi sehingga alat-alat tersebut optimal penggunaannya, meskipun dengan biaya yang minimum. Dalam melakukan optimasi alat berat pada proyek tersebut diperlukan data-data yang meliputi: data gambar proyek, jenis-jenis alat berat, dan harga sewa. Data-data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung kapasitas produksi alat berat Excavator Cat 320D, kapasitas produksi Excavator Kobelco, kapasitas produksi Dump Truk Hino 130HD, kapasitas produksi Motor Grader Cat, kapasitas produksi Vibro Roller Sakai SV525D, biaya sewa, dan operasional. Sedangkan data biaya sewa diperlukan untuk menentukan alternatif kombinasi. Dari hasil perhitungan dan analisis menggunakan Aplikasi Lindo, didapatkan kombinasi alat berat sebagai berikut: 1 Excavator tipe Cat 320D, 3 Dump truck tipe Hino 130 HD, 1 Motor Grader Cat, 2 Vibro Roller tipe Sakai SV525D. Didapatkan hasil perhitungan biaya per jam pada pekerjaan galian yaitu sebesar Rp. 3,578,167.28 per jam dan untuk biaya Pekerjaan Galian total didapatkan biaya Rp, 1,387,278,779.335

Kata Kunci: Optimasi, Alat Berat, Galian

ABSTRACT

In the Empunala Road Improvement Project, Mojokerto City, several types of work were carried out, one of which is excavation work. The type of heavy equipment used in the work required optimization, consequently the tools are optimally utilized, even at a minimum cost. In the optimization calculation, the data covered: project drawing data, types of heavy equipment, and rental prices. These data were used to calculate the production capacity of Cat 320D Excavator, Kobelco Excavator production capacity, Hino 130HD Dump Truck production capacity, Cat Motor Grader production capacity, Sakai SV525D Vibro Roller production capacity, rental and operational costs. While rental fee data was needed to determine alternative combinations. From the results of calculations and analysis using the Lindo Application, the combination of heavy equipment was obtained as follows: 1 Excavator type Cat 320D, 3 Dump trucks type Hino 130 HD, 1 Cat Motor Grader, 2 Vibro Roller type Sakai SV525D. The results of the calculation of per-hour cost of excavation work were obtained at 3,578,167.28 IDR per hour and for the total excavation work cost was 1,387,278,779.335 IDR.

Keywords: Optimization, Heavy Equipment, Excavation

1. PENDAHULUAN

Alat berat memiliki fungsi yang sangat penting dalam memegang peranan dimana setiap pengoperasiannya alat berat ini memerlukan biaya yang sangat besar sehingga alat-alat tersebut harus optimal penggunaannya.

Produktivitas alat tergantung pada jenis atau type alat, metode kerja, kondisi medan kerja serta waktu yang

diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Untuk meninjau produktivitas aspek diatas berkaitan satu dengan yang lainnya sehingga untuk dapat menganalisis produktivitas

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

alat berat harus sesuai dengan teori dan tahapan analisis yang tepat.

Pada dasarnya semua proyek memiliki tujuan yang sama yaitu menghasilkan keuntungan yang sebesar-besarnya dan mengeluarkan biaya seminimal mungkin namun sesuai dengan kualitas yang direncanakan dan proyek tersebut dapat diselesaikan sesuai dengan metode pelaksanaan yang efisien dan efektif.

1. Alat apa saja yang digunakan dalam Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto?
2. Bagaimana cara menghitung produktivitas alat berat dalam Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto?
3. Bagaimana cara menghitung biaya sewa alat berat dalam Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto?
4. Bagaimana optimasi penggunaan alat berat pada Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto?
5. Bagaimana alternatif kombinasi pada Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto?

Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan

2. METODE

Pada penelitian ini dilaksanakan dengan metode Lindo. LINDO (Linier Interactive Discrete Optimizer) adalah program bantu yang digunakan untuk menyelesaikan kasus program linier, yaitu suatu permodelan matematik yang digunakan untuk mengoptimalkan suatu tujuan dari beberapa kendala (Leatemia, 2013). Penelitian yang dilakukan di Jalan Empunala Kota Mojokerto. Penelitian ini menggunakan i alat berat dengan jenis alat yang diptimasi yaitu excavator, dump truck, motor grader, water tank, vibrator roller prosentase.

A. Excavator

Menurut Yadam *et al* 2015) excavator atau sering disebut dengan Backhoe termasuk dalam alat penggali hidrolis memiliki bucket yang dipasangkan di depannya. Alat penggeraknya traktor dengan roda ban atau crawler. Backhoe bekerja dengan cara menggerakkan bucket ke arah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat. Terdapat rumus yang digunakan untuk menghitung Produksi perjam dari excavator dapat dihitung dengan rumus berikut :

Kapasitas Produksi per jam (Q) :

V	= kapasitas bucket (m ³)
Fb	= faktor buket
Fa exc	= faktor efesiensi alat
Fv	= faktor konversi kedalaman galian
Ts	= waktu siklus

60 = perkalian 1 jam ke menit

B. Dump Truck

Dump Truck merupakan alat berat yang mempunyai fungsi untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, dan batuan.

Produksi Dump Truck Produksi perjam dari dump

truck dapatdihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Waktu Muat (T1)} & : \frac{V \times 60}{D \times Qexc} \\ \text{Waktu Tempuh Isi (T2)} & : \frac{L \times 60}{Vf} \\ \text{Waktu Tempuh Kosong (T3)} & : \frac{L \times 60}{Vf} \\ \text{Kapasitas produksi per jam (Q)} & : \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{D \times Ts} \end{aligned}$$

Dimana :

V	= Kapasitas bak
Fa DT	= Faktor efesiensi alat
V1	=Kecepatan rata-rata bermuatan
V2	=Kecepatan rata-rata kosong
D	= Berat isi material
T1	= Waktu muat
T2	= Waktu tempuh isi
T3	= Waktu tempuh kosong
Q	=Kapasitas produksi perjam

C. Vibro Roller

Rochmanhadi (1982), Versi lain dari tundem roller adalah vibro roller (penggilas akhir). Vibroroller mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini

memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan.

Produktivitas vibro roller dapat dihitung dengan rumus:

Kapasitas produksi perjam (Q)

$$: \frac{be \times v \times tebal \text{ pemadatan} \times Fa \times 60}{N}$$

Lebar efektif pemadatan (be) : (be)

Lebar roda alat (b) : (b)

Lebar overlap (bo): (bo)

Tebal pemadatan: (w)

Kecepatan rata-rata (v): (v)

Jumlah lintasan (n): (n)

Faktor efesiensi alat (Fa): (Fa)

D. Motor grader

Motor grader adalah suatu mesin sortir, juga biasanya dikenal sebagai suatu mata pisau atau suatu mesin sortir motor, adalah suatu sarana angkut rancang bangun dengan

suatu mata pisau besar yang digunakan untuk menciptakan suatu permukaan datar.

Produktivitas Motor Grader :
 Kapasitas produksi perjam (Q)

$$\frac{Lh \times \{N \times (b-b_0) + b_0\} \times Fa \times MG \times 60}{N \times n \times Ts}$$

- Dimana :
 Lh = panjang hamparan (m)
 B = panjang pisau efektif (m)
 b0 = lebar overlap (m)
 w = lebar area pekerjaan
 Fa MG = faktor efisiensi alat
 n = jumlah lintasan
 N = jumlah lajur lintasan

E. Crane

Crane adalah alat berat yang digunakan untuk mengangkat beban berat pada proyek konstruksi. Cara kerja crane yaitu dengan cara mengangkat beban secara horizontal yang di pindahkan dari tempat ke tempat yang lain

Kapasitas Alat V
 Faktor Efisiensi Alat Fa
 Jarak join pipa L
 Kec. Rata-rata Isi V1
 Kec. Rata-rata Kosong V2
 $60 = (0,7/2,2) \times 60 = 19,09 \text{ Menit}$
 Swing (kosong)(t8) = 0,7 Menit
 Kapasitas produksi/jam Q4 = $v \times \frac{60}{CT} \times p \times fa$
 Swing (kosong)(t8) = 0,7 Menit
 Kapasitas produksi/jam Q4 = $v \times \frac{60}{CT} \times p \times fa$
 Jarak join pipa L
 Kec. Rata-rata Isi V1
 Kec. Rata-rata Kosong V2
 $60 = (0,7/2,2) \times 60 = 19,09 \text{ Menit}$
 Swing (kosong)(t8) = 0,7 Menit
 Kapasitas produksi/jam Q4 = $v \times \frac{60}{CT} \times p \times fa$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan yang pertama adalah mengetahui ala tapa saja yang digunakan, produktivitas alat, kombinasi alat, alternatif yang dipakai, biaya alternatif dan metode pelaksanaan pada penelitian ini. Dalam proyek ini excavator digunakan sebagai alat untuk memindahkan material. Excavator digunakan seperti pada gambar 4.1 .

Excavator CAT 320D
 Kapasitas Bucket (V) : 1,1 m³
 Faktor Bucket (Fb) : 1,05
 Faktor Efisiensi Alat (Fa) : 0,83

Faktor konversi galian (Fv) : 1
 Menggali/Memuat (T1) : 0,144
 Lain – lain (T2) : 0,164
 Waktu Siklus (TS) : T1 + T2
 : 0,144 + 0,164 = 0,308 menit

Kapasitas Produksi per jam (Q) : $\frac{V \times Fa \times Fb \times 60}{Ts \times Fv}$

: $\frac{1,1 \times 0,83 \times 1,05 \times 60}{0,308 \times 1}$

186,54 m³/jam

Koefisien Alat : $(\frac{1}{Q})$
 : 0.005 jam

Kapasitas Bucket (V) : 0,93 m³
 Faktor Bucket (Fb) : 1,05
 Faktor Efisiensi Alat (Fa) : 0,83
 Faktor konversi galian (Fv) : 1
 Menggali/Memuat (T1) : 0,131
 Lain – lain (T2) : 0,118
 Waktu Siklus (TS) : T1 + T2

: 0,131 + 0,118

: 0,249 menit

Kapasitas Produksi per jam (Q) : $\frac{V \times Fa \times Fb \times 60}{Ts \times Fv}$

: $\frac{0,93 \times 0,83 \times 1,05 \times 60}{0,249 \times 1}$

: 195,431 m³/jam

Hasil analisa produktivitas excavator perjam didapatkan hasil sebesar 186,54 m³/jam

Produksi perhari

Q = produksi perhari x 8 jam

= 186,54 m³/jam x 8 jam

= 1.492,32 m³/ hari

a. Dump Truck Tipe FE SHD K

- DT1 + EXC 1

Dirujuk pada rumus perhitungan produktivitas Dump Truck sebagai berikut :

Kapasitas Bak (V) : 8,00 m³
 Faktor Efisiensi Alat (Fa) : 0,83
 Kecepatan Rata-Rata Muatan (V_f) : 20,00 Km/jam
 Kecepatan Rata-Rata Kosong (V_r) : 40,00 Km/jam
 Waktu Muat (T1) : $\frac{V \times 60}{D \times Q_{exc}}$

: $\frac{8,00 \times 60}{1,10 \times 167,68}$

	$\frac{L \times 60}{V_f}$	Tempuh Isi (T2)	:	
	: 2,60 menit			: 2,25 menit
Waktu Tempuh Isi (T2)	:	Waktu Tempuh Kosong (T3)	:	$\frac{L \times 60}{V_r}$
	$\frac{0,75 \times 60}{20,00}$			$\frac{0,75 \times 60}{40,00}$
	: 2,25 menit			: 1,13 menit
Waktu Tempuh Kosong (T3)	:	Lain-lain (T4)	:	1,00 menit
	$\frac{L \times 60}{V_r}$	Waktu Siklus (TS)	:	T1 + T2 + T3 + T4
Waktu Tempuh Kosong (T3)	:		:	3,25 + 2,25 + 1,13 + 1,00
	$\frac{0,75 \times 60}{40,00}$: 7,63 menit
	: 1,13 menit	Kapasitas produksi per jam (Q)	:	$\frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts}$
Lain-lain (T4)	: 1,00 menit			$\frac{8,00 \times 0,83 \times 60}{1,10 \times 7,63}$
Waktu Siklus (TS)	: T1+T2+T3+T4			: 47,48 m ³ /jam
	: 2,60 + 2,25 + 1,13 + 1,00	Koefisien alat	:	$\left(\frac{1}{Q}\right)$
	: 6,98 menit			: 0,021
Kapasitas produksi per jam (Q)	:	Hasil produktivitas di tampilkan dalam Tabel 1.		
	$\frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts}$	Tabel. 1 Produktivitas Alat Berat		
	$\frac{8,00 \times 0,83 \times 60}{1,10 \times 6,98}$	Excavator CAT 30D	:	1.341,44 m ³ / hari
	: 51,91 m ³ /jam	Excavator KOBELCO	:	1.563,448 m ³ / hari
Koefisien alat	:	Dump Truck	:	415,28 m ³ / hari
	$\left(\frac{1}{Q}\right)$	Vibro Roller	:	190.232 m ³ / hari
	: 0.019	Motor grader	:	415,28 m ³ / hari
		Crane	:	170,184 m ³ / hari
• DT1 + EXC 2				
Kapasitas Bak (V)	: 8,00 m ³			
Faktor Efisiensi Alat (Fa)	: 0,83			
Kecepatan Rata-Rata Muatan (V _f)	: 20,00 Km/jam			
Kecepatan Rata-Rata Kosong (V _r)	: 40,00 Km/jam			
Waktu Muat (T1)	:			
	$\frac{V \times 60}{D \times Q_{exc}}$			
	$\frac{8,00 \times 60}{1,10 \times 134,14}$			
	: 3,25 menit			
Waktu	:			
	$\frac{L \times 60}{V_f}$			
	$\frac{0,75 \times 60}{20,00}$			

Hasil produktivitas di tampilkan dalam Tabel 1.

Tabel. 1 Produktivitas Alat Berat

Excavator CAT 30D	1.341,44 m ³ / hari
Excavator KOBELCO	1.563,448 m ³ / hari
Dump Truck	415,28 m ³ / hari
Vibro Roller	190.232 m ³ / hari
Motor grader	415,28 m ³ / hari
Crane	170,184 m ³ / hari

Harga sewa alat berat didapatkan dari biaya pasti ditambah dengan biaya sewa alat. Didapatkan hasil biaya sewa alat seperti pada tabel 2

Tabel. 2 Produktivitas Alat Berat

Altrnatif Kombinasi

Untuk mendapatkan kombinasi alat berat yang optimum, maka perlu mengetahui terlebih dahulu biaya penggunaan alat berat tersebut. Hal ini dapat dihitung berdasarkan biaya sewa dan biaya operasional alat berat.

Nama Alat Berat	Unit	
1. Excavator CAT 320D	EX 1	
2. Excavator KOBELCO	EX 2	
3. Dump Truck HINO	DT 1	
4. Vibro Roller SAKAI SV525D	VR 1	
5. Motor Grader CAT	MG 1	

Alternatif I

1.	EXC 1	DT 1
	VR 1	MG 1

Optimasi Kombinasi Alat Berat

Penentuan Biaya Sewa Dan Biaya Operasional Alat Berat

Biaya operasional alat berat merupakan biaya yang akan dikeluarkan untuk penyewaan alat berat, bahan bakar, dan upah operator. Pada pembangunan Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto ini seluruh alat berat yang digunakan sewa, sehingga biaya perawatan dan minyak pelumas alat berat juga tercantum. Perhitungan biaya kebutuhan bahan bakar dihitung menggunakan rumus 2.20 untuk data harga sewa alat, upah operator dan pembantu operator didapatkan dari data data proyek

Jenis Peralatan : Excavator Excavator CAT320D

Tenaga (Pw) : 138 HP

Kapasitas (Cp): 1,0 m³

- Biaya Pasti Per Jam

Bahan Bakar (H) : (10%-12%) x Pw x Ms
 : (12%) x 138 x 5,150
 : Rp. 85,284

Pelumas (I): (25% - 35%) x Pw x Ms
 : (35%) x 138 x 35,100
 : Rp. 16.953.30

Operator (L): (1 org/jam) x U1
 : 1 x 32,000
 : Rp.32,000

Pembantu Operator (M): (1 org/jam) x U2
 : 1 x 18,343
 : Rp. 12,242.86

Biaya Sewa Alat Per Jam (P)
 : Biaya Pasti + sewa alat
 : 85,284 + 16.953.30 + 32,000 + 12,242.86+442.372
 :588,807.16

Biaya Operasional : 588,807.16 x 8 jam
 : 4,710,457.28

- Lain-lain

Tingkat Suku Bunga : 10,00%

U	Excavator 320D	Rp. 4,710,457.28
p	Excavator	Rp.4,502,377.28
a	KOBELCO	
h	Dump Truck	Rp. 3,125,817.28
O	Vibro	Rp. 3,455,249.28
p	Roller	
e	Motor	Rp. 5,299,769.28
r	Grader	
a	Water	Rp. 2,905,273.28
t	Tanker	
o	Crane	Rp. 4,306,865.28
r		

/ Sopir (U1) : Rp.18,843.00 Per Jam

Upah Pmb.Operator /Pmb.Sopir (U2)

: Rp. 18,343,00 Per Jam

Bahan Bakar Bensin (Mb)

: Rp. 7,650.00 Per Liter

Bahan Bakar Solar (Ms)

: Rp. 5,150.00 Per Liter

Minyak Pelumas (Mp)

: Rp. 35,100.00 Per Liter

Optimasi Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian

Berikut adalah proses pembahasan optimasi pengadaan kebutuhan alat berat yang digunakan Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto, pada masing masing alat alternatif kominasi yang telah ditentukan.

1. Penentuan variable keputusan Dalam formulasi optimasi dengan metode linier programming pada alternatif kombinasi 1 terdapat 3 variabel yang akan di optimasi, berikut adalah model matematis alternatif kombinasi

1.Penentuan Variabel Keputusan Variabel yang di bentuk adalah :

X1 = Jumlah unit Excavator CAT 320D

X2= Jumlah unit Dump Truck Hino

X3 = Jumlah unit Vibro Roller Sakai

X4 = Jumlah unit Motor Grader CAT

1. Penentuan fungsi tujuan

Fungsi tujuan dalam optimasi penggunaan alat berat adalah untuk meminimalkan biaya penggunaan alat berat yang ditentukan oleh biaya operasional alat berat

dan jumlah alat berat. Berikut persamaan fungsi tujuan. $Z_{min} = C1X1 + C2X2 + C3X3 + C4X4$

CI = Biaya sewa Excavator CAT 320D = Rp. 4.710.457,28

C2 = Biaya sewa Dump Truck Hino = Rp. 3.125.817,28

C3 = Biaya sewa Vibro Roller Sakai = Rp. 3.455.249,28

C4 = Biaya sewa Motor Grader CAT = Rp. 5.299.769,28

Dengan demikian dapat disusun persamaan dari fungsi tujuan untuk pekerjaan galian tanah inlet pada alternatif kombinasi 1 sebagai berikut:

$$Z_{min} = C1.X1 + C2.X2 + C3.X3 + C4.X4$$

$$Z_{min} = \text{Rp. } 4.710.457,28.X1 + \text{Rp. } 3.125.817,28.X2 + \text{Rp. } 3.455.249,28.X3 + \text{Rp. } 4.128.144,00.X4$$

2. Fungsi Kendala

Untuk mendapatkan alternatif yang optimal maka tidak lepas dari kendala yang ada. Kendala-kendala tersebut ditentukan sebagai berikut:

1. Kendala Volume

Kendala volume diperoleh dari produktivitas masing-masing dari tipe alat berat selama pekerjaan galian tanah inlet berlangsung. Jika Volume total pada galian inlet tanah sebesar 28.985 m^3 dengan durasi pekerjaan 1232 jam, maka volume yang harus diselesaikan per jam atau produktivitas yang harus dicapai adalah:

$$= \frac{41.343.849 \text{ m}^3}{1232 \text{ jam}} = 33,558 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan produktivitas alat berat Excavator CAT 320D = $186.548 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka bentuk fungsi kendalanya adalah: $186.548 \geq 33,558$

Dengan produktivitas alat berat Dump Truck Hino = $62.026 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka bentuk fungsi kendalanya adalah: $62.026 \geq 33,558$

Dengan produktivitas alat berat Vibro Roller Sakai = $23.779 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka bentuk fungsi kendalanya adalah: $23.779 \geq 33,558$

Dengan produktivitas alat berat Motor Grader CAT = $111,6 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka bentuk fungsi kendalanya adalah: $111,6 \geq 33,558$

b. Kendala Ketergantungan Alat

Kendala ketergantungan alat merupakan kendala kebutuhan jumlah alat yang saling berketergantungan antar jenis alat satu dengan alat jenis alat yang lain. Ketergantungan Excavator CAT 320D, Dump Truck Hino, Vibro Roller Sakai, Motor Grader CAT berdasarkan pada produktivitas, durasi pekerjaan, volume pekerjaan dan siklus alat yang dapat dijabarkan sebagai berikut

Lebar area proyek = 17,5 m
Panjang Jalan = 2.225 m
Luas = 38.937,5 m^2

Dari hasil perhitungan perbandingan, maka dipilih nilai perbandingan yang paling kecil, didapat $X_1 = 1,00$ unit, $DT = 3,01$ unit, dan $X_3 = 1,41$ unit dan $X_4 = 0,301$. Sehingga dapat dibuat fungsi kendalanya sebagai berikut $1 : 3 : 2 : 1$, sehingga $1X1 + 4X2 + 2X3 + 1X4 \geq 41.343,849 \text{ m}^3$

3. Kendala ketidak negatitan

$$X1, X2, X3, X4 \geq 0$$

3. Aplikasi Komputer LINDO 6.1

Pemecahan program linier dengan menggunakan LINDO 6.1 membutuhkan penulisan program linier sesuai dengan penulisan model aplikasi tersebut. Maka dari itu model penulisannya sebagai berikut:

$$\text{MIN } 588825 X1 + 390727 X2 + 431891 X3 + 662471 X4$$

$$X1 \geq 0$$

$$X2 \geq 0$$

$$X3 \geq 0$$

$$X4 \geq 0$$

Input model fungsi tujuan sampai dengan fungsi kendala dalam program Lindo

model fungsi tujuan sampai dengan fungsi kendala dalam program Lindo

Hasil optimasi menggunakan aplikasi LINDO ditunjukkan pada gambar 4.3 Dari hasil optimasi tersebut diperoleh jumlah kebutuhan alat berat pada alternatif kombinasi 1 pada galian tanah inlet sebagai berikut:

Excavator CAT 320D= 0,83 ~ 1 unit
Dump Truck HINO= 2,5 ~ 3 unit
Vibro Roller Sakai = 1,6 ~ 2 unit
Motor Grader CAT= 0,8 ~ 1 unit

Dengan demikian nilai dari fungsi tujuan berdasarkan hasil optimasi menggunakan aplikasi LINDO sebagai berikut:

$$\text{MIN} = 588825.1 + 390727.4 + 431891.2 + 662471.1$$

$$= 58.825 + 1.562.908 + 863.782 + 662.471$$

$$= \text{Rp. } 1.586,640.91/\text{jam}$$

Metode Pelaksanaan

Galian

Stripping

Setting Out

Galian

Pemadatan Tanah Bekas Galian

Pekerjaan Galian Selesai

Pengerjaan Saluran U-Ditch

Persiapan Lahan
 Galian Struktur
 Pekerjaan Lantai Kerja
 Pemasangan Precast Saluran Beton

Pemasangan Tutup U-ditch

Pekerjaan BCTB Top and Bottom

Persiapan Lahan
 Pekerjaan Cerucuk bambu
 Pekerjaan Lantai Kerja dan Geotextile non woven dan split 1-2
 Pemasangan Box Culvert Top Bottom

4. KESIMPULAN

1. Alat yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek ini adalah Excavator tipe CAT 320 D, Dump truck tipe HINO 300, motor grader, water tank, vibrator roller tipe SAKAI SV525D, crane
2. Pada pekerjaan ini dipadatkan analisa produktivitas pada masing-masing alat berat yang digunakan Excavator CAT 320D perhari yaitu 1.341,44m³ / hari, Excavator KOBELCO perhari yaitu 1412,13 m³ / hari, Dump truck perhari adalah 415,28 m³ / hari, Motor Grader perhari adalah 2136 m³ / hari, Vibro Roller perhari adalah 190.232 m³ / hari, Water Tank perhari adalah 1992 m³ / hari, Crane perhari adalah 170,184 m³ / hari
3. Biaya sewa alat berat yang digunakan pada proyek yaitu Excavator CAT 320 D yaitu Rp. 4,710,457.28, Excavator KOBELCO yaitu Rp. 4,502,377.28, Dump Truck perhari yaitu Rp. 3,125,817.28, Motor Grader perhari yaitu Rp. 3,455,249.28, Vibro Roller perhari yaitu Rp. 5,299,769.28, Water tank perhari yaitu Rp. 2,905,273.28, Crane perhari yaitu Rp. 4,306,865.28
4. didapatkan alternatif yang paling optimal yaitu menggunakan EXC 1 CAT 320D, DT1 HINO 130HD, VR1 SAKAI SV 525D dan MG1 SAKAI
5. Didapatkan hasil perhitungan pada pekerjaan galian yaitu alternatif 1 sebesar Rp. 3,578,167.28
6. Metode pelaksanaan pekerjaan yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 yaitu galian, pengerjaan saluran *U-Ditch* dan Pekerjaan BCTP Top and Bottom

SARAN

1. Diharapkan bagi peneliti selanjutnya meninjau optimasi alat berat dengan mempertimbangkan sharing antar alat berat yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan, baik dari segi pekerjaan

maupun segi tempat

2. Diharapkan bagi peneliti selanjutnya selalu memperhatikan jumlah kombinasi alat berat yang digunakan lebih efektif
3. Diharapkan bagi peneliti selanjutnya dapat melakukan optimasi penggunaan alat berat tidak hanya pada pekerjaan galian tetapi pada pekerjaan lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Febrianti Dian, Zaskia, Mawardi Edi (2021). Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan
- 2) Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). 2012.
- 3) Kholil, Ahmad. (2012). *Alat Berat*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- 4) Nento, Sartab & Astina Novita Kasim (2021). Optimalisasi Biaya Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Galian Pada Peningkatan Bendungan Karya Agung. *Jurnal Of Invakstruktire & Sience Engineering*. Vol. 4 No. 1
- 5) Prima, Gary Raya, Edwar Hafudiansyah (2022). Produktivitas penggunaan alat berat pada proyek jalan Tol
- 6) Rohmanhadi. 1985. Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat berat.
- 7) Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- 8) Shinta, Annisa Citra La, Harimurti, M. Hamzah Hasyim (2017). Optimalisasi penggunaan alat berat pada proyek Tol Pandaan-Malang
- 9) Sokop Ronald Martin, Tisano Tj. Arsjad, Grace Malingkas (2018). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Gali-Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Perumahan Residence Jordan Sea
- 10) Mulyono, Sri (2016). Matematika Ekonomi Dan Bisnis. Jakarta Penerbit Mitra Wacana Media Undang-Undang Republik Indonesia, 2004. Undang-Undang Republik Indonesia No.38 Tahun 2004 Tentang Jalan.
- 11) Wilopo, Djoko., 2011. Metode Konstruksi dan Alat-alat Berat. Penerbit Universitas Indonesia (UI press).