

OPTIMALISASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK TOL PANDAAN-MALANG

(Optimalization of Using Heavy Equipment on Pandaan-Malang Highway Project)

Annisa Citra La Shinta, Harimurti, M. Hamzah Hasyim
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya
Jalan MT.Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email: annisa.citra27@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang merupakan proyek yang digunakan untuk memperlancar transportasi di Pulau Jawa khususnya kota Surabaya dan Malang. Pada proyek ini membutuhkan alat yang dapat membantu dalam pengerjaan pembangunan. Pada pembangunan jalan tol ini, alat berat merupakan solusi. Alat berat yang digunakan yaitu *excavator* dalam pekerjaan galian material tanah di lokasi quarry dan *dumptruck* dalam pekerjaan pengangkutan material tanah.

Pada penelitian ini, menggunakan metode deskriptif analitis. Analisa yang dilakukan adalah perhitungan waktu siklus, produktivitas pada tiap kombinasi *excavator* dan *dumptruck* yang ada di lapangan maupun teoritis, perhitungan jumlah alat yang akan digunakan, penjadwalan pekerjaan dalam menyelesaikan pekerjaan dan perhitungan biaya sewa alat berat. Dari analisa tersebut kemudian dipilih kombinasi *excavator* dan *dumptruck* yang paling optimal yang dapat digunakan di lapangan.

Dari hasil perhitungan pada kombinasi alat berat, alternatif merupakan kombinasi yang paling optimal yaitu dengan menggunakan 7 unit excavator 0,5 m³ dan 36 unit dumptruck 20 m³. Total waktu pengerjaan yaitu dalam waktu 338 hari dengan total biaya yang harus dikeluarkan untuk menyewa alat berat sebesar Rp. 86.868.566.462.

Kata kunci : Optimalisasi, Alat berat.

ABSTRACT

Pandaan-Malang Highway Construction is a project that facilitate the acceleration of transportation in Java Island, especially the city of Surabaya and Malang. In this project requires tools that can assist in construction work.. In highway construction heavy equipments are the solution. Heavy equipments that used are excavator for excavation work of soil material at quarry location and dumptruck in ground material transportation job.

In this study, using analytical descriptive method. The analysis are the calculation of cycle time, productivity on each combination of excavator and dumptruck in the field or theoretical, the calculation of number of tools to be used, scheduling of work in completing the work and calculation of heavy equipment rent cost. From the analysis then selected the most optimal combination of excavator and dumptruck that can be used in the field.

From the calculations on the combination of heavy equipment, alternative is the most optimal combination that is by using 7 units of 0.5 m³ exc excavator and 36 units dumptruck 20 m³. Total processing time is within 338 days with total cost incurred to rent heavy equipment of Rp. 86.868.566,462

Keywords: Optimalization, Heavy Equipment

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang merupakan proyek yang digunakan untuk memperlancar transportasi di Pulau Jawa. Keberadaan Jalan Tol ini sangat penting untuk kelancaran arus lalu lintas dan bermanfaat untuk memperlancar perekonomian, khususnya kota Surabaya dan Malang. Tol Pandaan-Malang ini memiliki panjang 38 km. Yang terbagi dalam 3 seksi yaitu seksi 1 (Kabupaten Pasuruan 14,5 km),), seksi 2 (Kabupaten Malang 22,875 km) dan seksi ke 3 (Kota Malang 0,625 km).

Pada tahap pekerjaan awal terdiri dari pekerjaan tanah. Alat yang dapat mendukung pekerjaan tersebut yaitu penggunaan alat berat. Pada penelitian ini, pekerjaan yang dilakukan adalah penggalian tanah (*quarry*) dan pengangkutan material tanah. Penggalian tanah menggunakan *excavator* karena lokasi tersebut merupakan lahan yang memiliki elevasi dan kontur yang tidak beraturan. Sedangkan untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain menggunakan *dumptruck*, karena lokasi pemindahan material tanah yang cukup jauh. Dalam menghitung produktivitas alat berat, perlu memperhatikan waktu siklus mulai dari jarak pengangkutan material, kecepatan angkut, dan waktu pada saat alat berat tersebut mengisi maupun membongkar material. Waktu siklus akan berpengaruh terhadap besarnya produktivitas dari alat berat yang dihasilkan.

Pada penelitian ini, saya akan menganalisa optimalisasi kombinasi penggunaan *excavator* dan *dumptruck* dari segi waktu dan biaya. Agar penggunaan alat berat dapat optimal, maka perlu mempertimbangkan kapasitas alat, fungsi alat dan jenis alat berat. Pada penggunaan alat berat, kapasitas alat dan banyaknya alat akan mempengaruhi waktu pengerjaan dan biaya sewa. Biaya yang dihasilkan akan besar dan waktu pengerjaan akan lama jika dalam pemilihan penggunaan alat tidak sesuai. Sehingga, dalam melakukan pemilihan alat berat harus cermat agar penggunaan alat berat dapat optimal yaitu agar didapatkan penggunaan alat berat yang optimal dengan waktu yang cepat dan biaya yang minimal.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Berapa besar produktivitas masing-masing alat berat di lapangan dan teoritis?
2. Berapa jumlah alat berat, waktu pengerjaan dan biaya yang digunakan pada pekerjaan galian dan pengangkutan material?
3. Alternatif manakah yang paling optimal yang dapat diterapkan di lapangan?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Optimalisasi

Optimalisasi adalah suatu cara untuk mencari solusi yang terbaik dari berbagai masalah sesuai dengan kriteria.

2.2 Tanah

Sifat-sifat kondisi tanah akan mempengaruhi volume tanah, berikut ini sifat tanah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

- A. Tanah dalam keadaan asli
Merupakan keadaan dimana tanah sebelum pengerjaan dimulai dan dinyatakan dalam ukuran alam BM (*Bank Measure*).
- B. Tanah dalam keadaan lepas
Merupakan keadaan dimana tanah sudah diadakan pengerjaan dan dinyatakan dalam ukuran alam LM (*Loose Measure*).
- C. Tanah dalam keadaan padat.
Merupakan keadaan dimana tanah setelah tanah ditimbun kembali selanjutnya tanah dipadatkan. Pada keadaan padat ini, volume tanah bisa lebih besar maupun lebih kecil dari volume BM.

2.3 Alat Berat

A. Excavator

Excavator merupakan alat untuk membantu dalam pekerjaan penggalian material maupun timbunan tanah. Keuntungan *excavator* yaitu dapat memindahkan material ke *truck* dengan lebih mudah.

Perhitungan waktu siklus *excavator* (Cms): (Rochmanhadi, 1985)

Waktu gali + waktu putar + waktu buang + waktu putar

Produktivitas *excavator* dapat dihitung dengan rumus berikut: (Rochmanhadi, 1985)

$$\frac{q \times 60 \times E}{C_m}$$

$$q = q_1 \times K$$

Keterangan:

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

Q = Produksi per siklus (m^3)

C_m = Waktu siklus (menit)

E = Efisiensi kerja

q₁ = Kapasitas bucket

K = Faktor bucket

B. *Dumptruck*

Dumptruck merupakan alat untuk membantu dalam pekerjaan pengangkutan dan pemindahan material tanah. *Dumtruck* sangat baik digunakan untuk mengangkut material dengan jarak yang relatif jauh. Terdapat berbagai macam ukuran truck yang dapat digunakan di lapangan.

Perhitungan waktu siklus *dumptruck* (C_{mt}): (Rochmanhadi, 1985)

waktu muat + waktu angkut + waktu buang + waktu kembali + waktu antri

$$(n \times C_{ms}) + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2$$

$$n = \frac{C_1}{q_1} \times K$$

Produktivitas *dumptruck* dapat dihitung dengan rumus berikut: (Rochmanhadi, 1985)

$$\frac{C \times 60 \times E}{C_{mt}}$$

$$C = n \times q_1 \times K$$

Keterangan:

C_{mt} = Waktu siklus *dumtruck* (menit)

q₁ = Kapasitas bucket pengisi (m^3)

C₁ = Kapasitas *dumptruck* (m^3)

K = Faktor bucket (*excavator*)

C_{ms} = Waktu muat/ waktu siklus *excavator* (menit)

t₁ = Waktu bongkar dan tunggu (menit)

t₂ = Waktu muat (menit)

n = Jumlah siklus pada *excavator* untuk mengisi *dumptruck*

D = Jarak angkut *dumptruck* (m)

V₁ = Kecepatan angkut/bermuatan (m/menit)

V₂ = Kecepatan kembali/kosong (m/menit)

2.4 Nilai Tahanan

A. Tahanan Kemiringan

Tahanan kemiringan didapatkan dari perbedaan tinggi elevasi tanah pada elevasi awal dan akhir. Dengan cara menghitung perbedaan tinggi rata-rata elevasi tanah dibagi dengan jarak lokasi tujuan.

B. Tahanan Gelinding

Tahanan gelinding didapat dari kondisi permukaan jalan yang dilalui oleh kendaraan.

2.5 Jumlah Alat Berat

Jumlah alat berat yang akan digunakan berbeda-beda tergantung dari produktivitas alat dan kapasitas dari alat berat. Jumlah alat dapat dicari dengan cara berikut ini:

Untuk menghitung jumlah *excavator* yaitu dengan cara: (Rochmanhadi, 1985)

$$n = \frac{V}{W_e \times S \times Q}$$

Untuk menghitung jumlah *dumptruck* yaitu dengan cara: (Rostiyanti, 2002)

$$\text{Jumlah(alat1)} = \frac{\text{Produktivitas terbesar}}{\text{Produktivitas (alat 1)}}$$

$$\text{Jumlah alat} = n \times \text{jumlah alat (1)}$$

Keterangan:

n = Jumlah unit peralatan (unit)

V = Volume pekerjaan (m^3)

W_e = Waktu efektif hari kerja (hari)

S = Standart jam kerja perhari (jam/hari)

Q = Produksi peralatan persatuan-satuan waktu (m^3/jam)

2.6 Waktu Pengerjaan Alat Berat

Setelah menghitung jumlah masing-masing alat berat, maka selanjutnya dihitung waktu pengerjaan. Waktu pengerjaan alat berat digunakan untuk mengetahui berapa lama alat bekerja. Untuk menghitung waktu pengerjaan menggunakan volume tanah, produktivitas alat dan jumlah alat. Seperti yang terdapat pada rumus dibawah ini: (Rostiyanti, 2002)

Waktu pengerjaan: $\frac{\text{volume tanah}}{(\text{produktivitas alat} \times \text{jumlah alat}) \times \text{jam kerja}}$ **Biaya pengembalian modal:**

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

2.7 Biaya Sewa Alat Berat

Biaya diperhitungkan karena besarnya produktivitas alat berbeda-beda. Sehingga biaya yang dikeluarkan juga tidak akan sama. Biaya yang digunakan adalah biaya perhitungan secara teoritis menurut PermenPUPR 28/2016 terdiri dari biaya pasti dan biaya operasi.

A. Biaya pasti

Biaya pasti yang terdiri dari:

- Biaya pengembalian modal
- Asuransi

Untuk menghitung biaya pasti dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

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

G = Biaya pasti per jam (rupiah)

B = Harga pokok alat setempat (rupiah)

C = Nilai sisa alat

D = Faktor angsuran atau pengembalian modal

E = Biaya pengembalian modal

F = Biaya angsuran, pajak per tahun
= 0,002 x B atau = 0,02 x C

W = Jumlah jam kerja alat dalam satu tahun

- Nilai Sisa
Nilai sisa merupakan harga perkiraan peralatan pada akhir umur ekonomisnya. Diambil 10% dari harga pokok alat berat.
- Tingkat suku bunga, faktor angsuran modal dan biaya pengembalian
Tingkat suku bunga berlaku pada saat pembelian peralatan

Faktor angsuran modal:

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

- Asuraansi

Nilai asuransi diambil rata-rata 0,2% per tahun dari harga pokok alat.

$$P = \frac{B}{W}$$

B. Biaya operasi

Biaya yang dikeluarkan pada saat menyewa alat berat. Biaya operasi terdiri dari:

- Biaya bahan bakar (H)

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

- Biaya pelumas (I)

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

- Biaya bengkel (J)

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

- Biaya perbaikan (K)

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

- Biaya operator (L)

Biaya operator tergantung dari tiap daerah.

Maka biaya operasi adalah: $H + I + J + K + L$

H = Banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam 1 jam dengan satuan liter/jam

HP = Horse Power, kapasitas tenaga mesin penggerak

B = Harga pokok alat setempat

W = Jumlah jam kerja alat dalam

I = Banyaknya minyak pelumas yang dipakai dalam 1 jam dengan satuan liter/jam

3. METODEOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini berupa analisis perbandingan produktivitas kombinasi *excavator* dan *dumpttruck*, jumlah alat, waktu pengerjaan dan biaya sewa alat berat pada pekerjaan galian dan pengangkutan material tanah di lapangan dari STA 1+400 sampai dengan STA 3+500 dan teoritis. Metodeologi penelitian ini dimulai dari pengumpulan data primer di lapangan dan data

sekunder. Kemudian memasang excavator dan dumptruck ukuran pasaran satu per satu secara teoritis. Untuk analisa data menggunakan metode deskriptif analitis. Langkah tersebut di ualang dengan mencoba memindahkan quarry. Setelah itu memilih kombinasi alat berat yang optimal yang dapat digunakan di lapangan. Berikut ini adalah bagan metodeologi penelitian:

Tabel 1. Kombinasi Alat Berat Pasaran

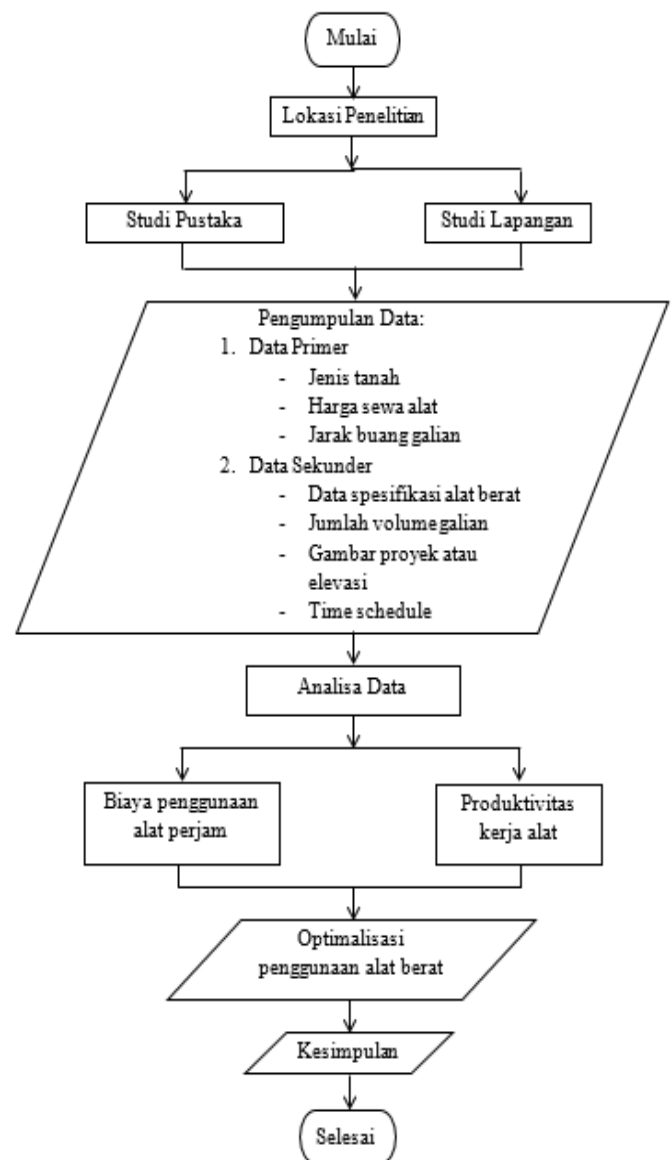
Excavator /Dumptruck	Excavator PC 130	Excavator PC 200	Excavator PC 400
Colt Diesel 7m ³	1	2	3
Hino FM 260 JD/ 20 m ³	4	5	6
Hino FM 350 PD/ 24 m ³	7	8	9

Dari tabel 1 dapat dijelaskan bahwa kombinasi alat berat di pasaran akan digunakan sebagai pembanding alat berat yang ada di lapangan. Letak quarry ini berada 14,5 km dari lokasi proyek. Kombinasi alat tersebut di pasangkan satu per satu sehingga di dapatkan 9 kombinasi alat.

Tabel 2. Kombinasi Alat Berat Quarry Berbeda

Excavator /Dumptruck	Excavator PC 200	Excavator PC 130
Hino FM 260 JD/ 20 m ³	1	2

Tabel 2 merupakan tabel kombinasi alat berat yang berada di quarry baru atau berbeda letak quarry lebih dekat dengan proyek yaitu 8,41 km yanag akan digunakan sebagai pembanding kombinasi yang ada di pasaran untuk mengetahui lebih optimal manakah kombinasi yang ada di pasaran atau quarry berbeda.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Sampel

Pengamatan di lapangan dilakukan dengan mengamati waktu siklus alat berat.. Waktu siklus digunakan untuk menghitung produktivitas alat berat Berikut ini rata-rata produktivitas *excavator* dan *dumptruck* di lapangan:

Tabel 3. Produktivitas *Excavator* dan *Dumptruck* di Lapangan

No	Hari	Produktivitas (m ³ /jam)		Volume (m ³)
		Excavator	Dumptruck	
1	1	119,6	119,6	956,80
2	2	135,2	135,2	1081,6
Rata-Rata		127,4	127,40	1019,2

Tabel di atas merupakan rekapitulasi hasil pengamatan di lapangan sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

4.2 Perhitungan Produktivitas *Excavator*

Dengan rumus diatas , dapat diketahui produktivitas dari masing-masing ukuran *excavator*. Berikut ini adalah hasil produktivitas *excavator*:

Tabel 4. Produktivitas *Excavator*

No	Kapasitas Excavator (m ³)	Waktu Siklus Excavator (menit)	Produktivitas Excavator (m ³ /jam)
1	1,9	0,583	102,600
2	0,8	0,533	47,250
3	0,5	0,417	37,800
Alternatif 1	0,8	0,533	47,250
Alternatif 2	0,5	0,417	37,800

Hasil perhitungan produktivitas *excavator* ini akan digunakan untuk menghitung perhitungan teoritis kombinasi *excavator* dengan *dumptruck*.

4.3 Perhitungan Produktivitas *Dumptruck*

Untuk perhitungan produktivitas *dumptruck* seperti pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 5. Produktivitas *Dumptruck*

Kombinasi	Kapasitas		K	(n x Cms)	(D/V1+ D/V2) (menit)
	Excavator (m ³)	Dumptruck (m ³)			
1	1,9	24	0,7	4,667	102,231
2	1,9	20	0,7	4,083	98,723
3	1,9	7	0,7	1,167	86,802
4	0,8	24	0,7	11,200	102,231
5	0,8	20	0,7	9,067	98,723
6	0,8	7	0,7	3,200	86,802
7	0,5	24	0,7	13,750	102,231
8	0,5	20	0,7	11,667	98,723
9	0,5	7	0,7	3,750	86,802
Alternatif 1	0,8	20	0,7	9,067	46,871
Alternatif 2	0,5	20	0,7	11,667	46,871

(t1)	(t2)	(Cmt)	(E)	Produktivitas dumptruck (m ³ /jam)
1,300	0,35	108,548	0,75	4,411
1,150	0,30	104,256	0,75	4,018
1,000	0,25	89,218	0,75	1,342
1,300	0,35	115,081	0,75	4,599
1,150	0,30	109,240	0,75	3,922
1,000	0,25	91,252	0,75	1,657
1,300	0,35	117,631	0,75	4,418
1,150	0,30	111,840	0,75	3,943
1,000	0,25	91,802	0,75	1,544
1,150	0,30	57,388	0,75	7,465
1,150	0,30	59,988	0,75	7,352

Besarnya nilai produktivitas *dumptruck* dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kapasitas alat, kondisi lapangan seperti kondisi jalan waktu bongkar muat, waktu angkut dan lain-lain yang dapat mempengaruhi waktu siklus dan faktor efisiensi alat. Kombinasi alat 1 memiliki produktivitas alat yang paling besar dibandingkan dengan kombinasi alat yang lain. Tetapi apabila dibandingkan dengan alternatif, alternatif 1 memiliki produktivitas yang lebih besar dari kombinasi 1 karena lokasi quarry menuju proyek jauh lebih dekat sehingga produktivitas yang dihasilkan jauh lebih besar

4.4 Jumlah Alat Berat

Volume tanah = 513.574 m³

Volume tanah yang diangkut = 513.574 x 1,39
= 713.867 m³

Tabel 6. Jumlah Alat Berat

Kombinasi	Jumlah Alat (unit)	
	Excavator	Dumptruck
1	3	70
2	3	77
3	3	229
4	6	62
5	6	72
6	6	171
7	7	60
8	7	67
9	7	171
Alternatif 1	6	38
Alternatif 2	7	36

4.5 Waktu Pengerjaan Alat Berat

Tabel 7. Waktu Pengerjaan Alat Berat

Kombinasi	Waktu Pengerjaan (hari)	
	Excavator	Dumptruck
1	290	290
2	290	290
3	290	290
4	315	315
5	315	315
6	315	315
7	338	338
8	338	338
9	338	338
Alternatif 1	315	315
Alternatif 2	338	338

4.6 Biaya Alat Berat

Tabel 8. Biaya Sewa Alat Berat

NO	Uraian	Kode	Satuan	Perhitungan Biaya Operasi Peralatan
A URAIAN PERALATAN				
1	Jenis Peralatan			Excavator
2	Merk/Tipe			Excavator PC-400
3	Tenaga	Pw	HP	362,00
4	Kapasitas	Cp		1,90
5	Umur Ekonomis	A	Tahun	5
6	Jam Operasional Dalam 1 Tahun	W	Jam	2.320
7	Harga Alat	B	Rp	4.260.494.963
B BIAAYA PASTI PER JAM KERJA				
1	Nilai Sisa Alat = 10% x B	C	Rp	426.049.496,30
	Faktor Angsuran Modal = $\frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1}$	D		0,10
2	Biaya Pasti per jam =			
	A. Biaya Pengembalian Modal $\frac{(B - C) \times D}{W}$	E	Rp/jam	165.278
	B. Asuransi, dll $P = \frac{B}{W}$	F	Rp/jam	3.673
	Biaya Pasti per Jam G= (E+F)	G		168.951
C BIAAYA OPERASI PER JAM KERJA				
1	Bahan Bakar = (12%-15%) x PW x Ms	H	Rp/jam	423.540
2	Pelumas = (2,5%-3%) x Pw x Mp	I	Rp/jam	283.446
3	Biaya Bengkel = (6,25%-8,75%) x B/W	J	Rp/jam	160.687
4	Perawatan dan Perbaikan = (12,5%-17,5%) x B/W	K	Rp/jam	321.374
5	Operator	M	Rp/jam	19.750
6	Biaya Operasi (per Jam) (H+I+J+K+L)	P	Rp/jam	1.208.796
	BIAAYA TOTAL ALAT/JAM = (G+P)	S	Rp/jam	1.377.747
			Rp/hari	11.021.976
KETERANGAN				
			Liter	
1	Bahan Bakar Solar (non subsidi)	Ms	Liter	7.800
2	Minyak Pelumas	Mp	Liter	26.100
3	Operator		jam	19.750
4	Suku bunga	i	10%	

Untuk biaya alat berat berbeda-beda tergantung dari kapasitas alat, jam operasional dalam waktu 1 tahun dan jam kerja alat dalam 1 hari. Semakin besar kapasitas alat yang digunakan akan semakin besar biaya alat. Untuk harga total alat per jam terdiri dari penjumlahan dari harga pasti dan operasi. Sedangkan untuk harga alat per hari yaitu harga alat per jam dikalikan dengan jam kerja alat dalam 1 hari.

Tabel 9. Biaya Sewa Alat Berat

Kombinasi	Harga Sewa (Rp)
1	112.700.155.601
2	106.981.219.039
3	179.171.606.722
4	104.556.115.760
5	105.776.212.099
6	143.153.469.688
7	106.124.272.747
8	103.140.450.181
9	150.873.708.829
Alternatif 1	87.826.193.361
Alternatif 2	86.868.566.462

Biaya sewa yang dikeluarkan pada setiap tipe alat berbeda dari masing-masing kombinasi di quarry asal dan alternatif di quarry terdekat. Tergantung dari jumlah alat, waktu pengerjaan dan kapasitas alat yang digunakan.

4.7 Pemilihan Kombinasi Alat Berat

Tabel 10. Pemilihan Kombinasi Alat Berat

Kombinasi	Tipe		Produktivitas (m ³ /jam)		Jumlah Alat		Harga Sewa/hari (Rp)	Waktu Pengerjaan	Harga Sewa (Rp)
	Excavator (m ³)	Dumptruck (m ³)	Excavator	Dumptruck	Excavator	Dumptruck			
1	1,9	24	307.800	307.800	3	70	388.631.236	290	112.700.155.601
2	1,9	20	307.800	307.800	3	77	368.900.755	290	106.981.219.039
3	1,9	7	307.800	307.800	3	229	617.833.127	290	179.171.606.722
4	0,8	24	283.500	283.500	6	62	331.924.177	315	104.556.115.760
5	0,8	20	283.500	283.500	6	72	335.797.499	315	105.776.212.099
6	0,8	7	283.500	283.500	6	171	454.455.459	315	143.153.469.688
7	0,5	24	264.600	264.600	7	60	313.977.138	338	106.124.272.747
8	0,5	20	264.600	264.600	7	67	305.149.261	338	103.140.450.181
9	0,5	7	264.600	264.600	7	171	446.571.920	338	150.873.708.829
Alternatif 1	0,8	20	283.500	283.500	6	38	187.030.302	315	87.826.193.361
Alternatif 2	0,5	20	264.600	264.600	7	36	171.470.172	338	86.868.566.462

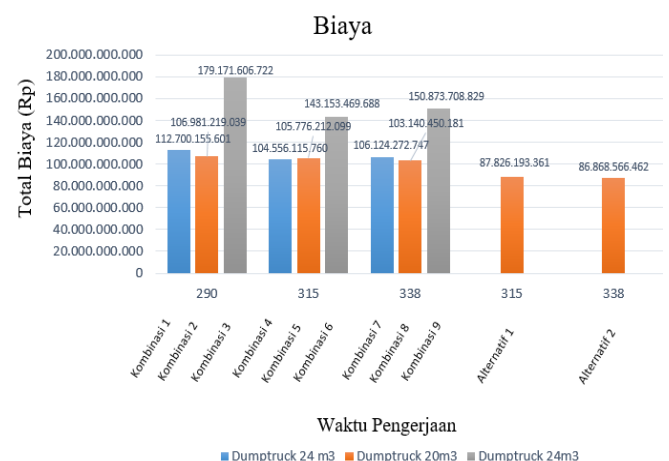
Setelah menghitung produktivits, jumlah alat, harga sewa dan waktu pengerjaan, maka dipilih 4 kombinasi yang paling optimal di quarry dan quarry terdekat dengan membandingkan harga material tanah. Biaya ini akan digunakan untuk pemilihan biaya yang paling optimal yang terdapat pada tabel 11 di bawah ini:

Tabel 11. Pemilihan Kombinasi Alat Berat dari Harga Sewa dan Material

Kombinasi	Waktu Pengerjaan (hari)	Harga Sewa (Rp)	Volume (m ³)	Harga Material m ³ (Rp)	Harga Material (Rp)	Selisih Harga (Rp)	Total Harga Sewa dan Material (Rp)
4	315	104.556.115.760	713.868	81.000	57.823.296.660		104.556.115.760
8	338	103.140.450.181	713.868	81.000	57.823.296.660		103.140.450.181
Alternatif 1	315	87.826.193.361	713.868	121.500	86.734.944.990	28.911.648.330	87.826.193.361
Alternatif 2	338	86.868.566.462	713.868	121.500	86.734.944.990	28.911.648.330	86.868.566.462

Dari 2 tabel diatas merupakan rekapitulasi hasil produktivitas masing-masing kombinasi alat berat, jumlah alat yang digunakan, waktu pengerjaan dan biaya sewa alat berat yang dihitung dengan menjumlahkan biaya sewa dan material. Dari 2 tabel di atas dapat dilihat bahwa kombinasi 1 dengan tipe alat *excavator* 1,9 m³ dan *dumptruck* 24 m³ mempunyai total waktu pengerjaan yang paling cepat dibandingkan dengan kombinasi yang lain yaitu 290 hari. Dengan menyelesaikan pekerjaan semakin cepat, waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan akan semakin cepat. Apabila dibandingkan dengan kombinasi 4 jauh lebih lama yaitu dengan waktu 315 hari dengan tipe alat *excavator* 0,8 m³ 6 unit dan *dumptruck* 24 m³ 62 unit. Dan kombinasi 8 menyelesaikan pekerjaan dengan 338 hari dengan tipe alat *excavator* 0,5 m³ 7 unit dan *dumptruck* 20 m³ 67 unit. Untuk biaya yang harus dikeluarkan pada kombinasi *excavator* dan *dumptruck*, alternatif 2 memiliki total biaya alat berat paling murah Rp. 86.868.566.462 kemudian alternatif 1 pada urutan kedua dengan total biaya Rp. 87.826.193.361 dan kombinasi ke 8 urutan ketiga dengan total biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 103.140.450.181

Perbandingan waktu dan biaya akan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Waktu dan Biaya

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Produktivitas kombinasi *excavator* dan *dumptruck* alat berat yang ada di lapangan yaitu 127,400 m³/jam.
Sedangkan produktivitas dihitung menggunakan teoritis pada kombinasi *excavator* dan *dumptruck* 1 sampai kombinasi 3 mempunyai produktivitas 307,800 m³/jam. Sedangkan kombinasi *excavator* dan *dumptruck* 4 sampai 6 mempunyai produktivitas 283,500 m³/jam. Produktivitas kombinasi *excavator* dan *dumptruck* 7 sampai 9 yaitu 264,600 m³/jam.. Sedangkan produktivitas alternatif 1 sebesar 283,500 m³/jam dan alternatif 2 sebesar 264,600 m³/jam.
2. Dari hasil perhitungan teoritis, 3 kombinasi paling optimal yaitu alternatif 2 dengan total biaya Rp. 86.868.566.462 dengan waktu pengerjaan 338 hari dengan menggunakan 7 unit *excavator* tipe 0,5 m³ dan 36 unit *dumptruck* tipe 20 m³. Urutan ke dua yaitu pada alternatif 1 dengan jumlah alat 6 unit *excavator* tipe 0,8 m³ dan 38 unit *dumptruck* tipe 20 m³ dengan total biaya yang harus dikeluarkan Rp. 87.826.193.361 dengan total waktu pengerjaan 315 hari. Urutan ke tiga adalah kombinasi 8 dengan menggunakan 7 unit *excavator* tipe 0,5 m³ dan 67 unit *dumptruck* tipe 20 m³ dengan total waktu pengerjaan 338 hari dan biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp.103.140.450.181. Hasil Perhitungan ini berdasarkan PermenPUPR 18/2016.
3. Dengan menghitung produktivitas masing-masing alat berat, maka dapat disimpulkan bahwa alternatif 2 paling optimal karena yang paling menguntungkan, tertinggi, yang paling baik diantara yang lain dari segi biaya dan waktu. Alternatif 2 mampu menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 338 hari dengan menggunakan 7 unit *excavator* 0,5 m³ dan 36 unit *dumptruck* 20 m³ dan biaya yang harus dikeluarkan yaitu sebesar Rp. 86.868.566.462

B. Saran

Berdasarkan penelitian tentang optimalisasi penggunaan alat berat pada ini, penulis menyarankan hal-hal berikut :

1. Pada pekerjaan pengurugan material tanah agar sesuai *time schedule* diperlukan pemilihan alat berat yang baik didukung operator yang handal agar sesuai dengan *time schedule*.
2. Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam menggunakan alat berat sebaiknya memperhatikan kombinasi kapasitas bucket *excavator* dengan kapasitas *dumptruck* agar didapatkan hasil yang maksimal.
3. Dalam penyewaan alat berat memilih dengan lokasi terdekat agar biaya yang dikeluarkan tidak besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Das Braja M, (1998). *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Fatena Susy R. (2002). *Alat Berat Untuk Proyek Kontruksi*. Jakarta: Rineka Cipta
- LPSE Surabaya. (2016). *Harga Satuan Pokok Kegiatan*. Surabaya: LPSE Surabaya.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat .
- Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi. (1985). *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Suryadharma,H.&Wigroho,H.Y. (1998). *Alat-Alat Berat*. Yogyakarta: Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Wedhanto, S (2009). *Alat Berat dan Pemindahan Tanah Mekanis*. Malang: Universitas Negeri Malang. .

