

**OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN GALIAN DAN PENGANGKUTAN STUDI
KASUS PROYEK HIGH SPEED RAILWAY (HSR) WALINI
SECTION IV**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**M. LUTHFI DHIYA' ULHAQ
NIM. 135060107111022**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI.....	ii
ABSTRAK	1
PENDAHULUAN.....	2
TUJUAN	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
METODE PENELITIAN	3
HASIL DAN PEMBAHASAN	4
KESIMPULAN.....	6
SARAN	6
DAFTAR PUSTAKA	6

**OPTIMALISASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN DAN
PENGANGKUTAN STUDI KASUS PROYEK HIGH SPEED RAILWAY (HSR) WALINI
SECTION IV**

**(Equipment Optimazation for Excavating and Embankment Case Study on High Speed
Railway Project Walini Section IV)**

M. Luthfi Dhiya' Ulhaq, Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim.
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia. Telp (0341) 566710. 587711
E-mail : I.dhiya20@gmail.com

ABSTRAK

Optimasi adalah mencapai hasil yang paling optimal dengan sumber daya yang sudah ada atau merencanakan sesuatu dengan optimal. Penelitian ini adalah penelitian pada pekerjaan galian dan pengangkutan yang menggunakan alat berat. Optimalisasi alat berat dipengaruhi oleh produktivitas alat berat. Sedangkan produktivitas alat berat dipengaruhi oleh kapasitas bucket, kondisi kerja dan waktu siklus alat.

Penelitian ini dilaksanakan di Proyek High Speed Railway Walini Section IV. Jenis penelitian menggunakan metode deskripsi analisis dengan metode optimasi menggunakan metode Simpleks. Alat berat yang digunakan adalah excavator pada pekerjaan galian dan Dumptruck pada pekerjaan pengangkutan. Waktu pekerjaan dalam kontrak adalah 90 hari, dengan 8 jam kerja/hari. Untuk memudahkan pekerjaan maka area dibagi menjadi 2 zona, jarak disposal yang direncanakan 850 m dari zona A dan 750 m dari zona B. Kombinasi yang direncanakan yaitu excavator dengan jenis PC-100, PC-200, dan PC-300 dan dumptruck dengan volume 10 m³, 20 m³, dan 30 m³.

Hasil dari optimasi penggunaan alat didapatkan 6 excavator (2 PC-200 dan 4 PC-300) dan dumptruck yang digunakan jenis 20 m³ dengan jumlah 21 pada zona A dan 19 pada zona B. Optimasi waktu kerja didapatkan 51 hari (zona A 13 hari dan pada zona B 38 hari).

Kata kunci : produktivitas, *excavator*, *cumptruck*, harga sewa, optimalisasi

ABSTRACT

Optimization is achieving the most optimal result with existing resources of planning things optimally. This research is research on excavation and transportation work using heavy equipment. Heavy equipment optimization is influenced by the productivity of the machine. While the productivity of heavy equipment is influenced by bucket capacity, working conditions and tool cycle times.

This research was carried out at the High Speed Railway Walini Section IV Project. This type of research uses the analysis description method with the optimization method using the Simplex method. The heavy equipment used 1 excavators in excavation and Dumptruck work on the transport work. The time of work in the contract is 90 days with 8 working hours/day. To facilitate the work, the area is divided into 2 zones, planned disposal distance of 850 m from zone A and 750 m from zone B. the planned combination is excavator with PC-100, PC-200, and PC-300 type, and dumptruck with volume 10 m³, 20 m³ and 30 m³.

The result of the optimization of the use of the equipment obtained 6 excavators (2 PC-200 and 4 PC-300) and dumptruck used types 20m³ with the number 21 in zones A and 19 in zone B. optimization of work time obtained 51 days (zone A 13 days and at zone B 38 days).

Keywords : *productivity, excavator, dump truck, rental cost, optimilization.*

PENDAHULUAN

Proyek *High Speed Railway* (HSR) Jakarta - Bandung merupakan mega proyek pemerintah yang di harapkan dapat mengatasi kemacetan yang ada. Pemilihan rute Jakarta – Bandung bertujuan meningkatkan potensi dalam pengembangan sentra ekonomi, industri, perdagangan, pariwisata, dan mempercepat mobilitas.

Pekerjaan galian pada proyek ini menggunakan alat berat untuk mempermudah dan mempercepat pekerjaan, namun jika penggunaan alat berat kurang tepat dan tidak sesuai dengan kondisi lapangan, akan sangat mempengaruhi hasil kerja. Selain itu, kondisi cuaca, kondisi lapangan, dan ukuran bucket alat berpengaruh terhadap produktivitas. Untuk pekerjaan pengangkutan, jauh dekatnya jarak yang ditempuh akan berpengaruh terhadap produktivitas alat, maka perlu alternatif tempat pembuatan yang lebih dekat dan medan jalan yang relatif datar agar waktu sekain cepat sehingga didapatkan nilai produktivitas yang sangat besar.

Seperti pada proyek HSR ini banyak permasalahan yang menjadi kendala, diantaranya curah hujan yang tinggi, sehingga akses jalan rusak dan alat berat tidak bisa beroperasi. Hal itu menyebabkan target produktivitas harian tidak dapat tercapai.

Penggunaan alat berat harus dianalisa agar optimal, yaitu mencapai biaya minimum tanpa mengabaikan target waktu pekerjaan, adapun salah satu metode untuk melakukan optimasi adalah dengan metode program linier/simpleks. Metode ini sangat berguna untuk mencapai solusi terbaik dari dua atau lebih permasalahan yang ada.

TUJUAN

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mendapatkan kombinasi alat yang sangat optimum dengan biaya termurah.

TINJAUAN PUSTAKA

Alat Berat

Alat berat merupakan alat yang diciptakan untuk memudahkan pekerjaan yang sulit dikerjakan oleh tenaga manusia. Kholil (2012) menyebutkan : Bahwa Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek konstruksi dengan skala

besar, dengan tujuan untuk memudahkan tenaga manusia dalam mengerjakan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dan waktu yang relatif singkat.

Excavator Untuk Pekerjaan Galian

Excavator adalah salah satu alat berat yang digunakan untuk pekerjaan galian dalam proyek ini. Cara menghitung produktivitas excavator adalah seperti berikut:

$$P = \frac{q \text{ bucket} \times k \times 3600}{WS}$$

Dimana

P = produktivitas excavator/jam (L m³/jam)

q bucket = Kapasitas bucket excavator (L m³)

k = Faktor Efisiensi excavator

WS = Waktu Siklus Excavator, yang terdiri dari:

- Waktu Gali
- Waktu Putar 2x

Dumptruck untuk Pekerjaan Pengangkutan

Dumptruck adalah alat berat yang digunakan untuk mengangkut material pekerjaan konstruksi, dumptruck dapat mengangkut beban yang berat dan dapat dipakai di medan yang berat.

$$P = \frac{BC \times k \times 60}{WS}$$

Dimana

P = Produktivitas Dumptruck/jam (L m³/jam)

BC = Kapasitas Bucket Dumptruck (m³/jam)

k = Faktor Efisiensi Dumptruck

WS = Waktu Siklus Dumptruck, yang terdiri dari:

- Waktu Dumping
- Waktu Muat
- Waktu Angkut Isi
- Waktu Angkut Kosong

Waktu Penggunaan Alat Berat

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan pada pekerjaan yaitu (Rostiyanti, 2002) :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Tanah}}{\text{Pr oduktivita s alat} \times \text{jam ker ja}}$$

Biaya Penggunaan Alat Berat

Biaya penggunaan alat berat didapatkan dari data sekunder, yaitu data harga sewa alat berat dari perusahaan persewaan alat berat.

Metode Program Linier

Program Linier merupakan bentuk penyelesaian dari Riset Operasi yang paling banyak digunakan. Merupakan model matematika yang dapat mengalokasikan sumber daya untuk mencapai tujuan tunggal yaitu optimasi.

Program Linier menggunakan model matematis dari suatu permasalahan. Suatu fungsi dari model matematis yang dibuat terdiri dari :

Program Linier menggunakan model matematis dari suatu permasalahan. Suatu fungsi dari model matematis yang dibuat terdiri dari :

- Fungsi Tujuan
Mengalokasikan sumber daya secara efektif dan efisien. Sasaran dan tujuan harus dinyatakan dalam jelas.
- Pembatas
Kendala yang menjadi batasan dalam penyelesaian masalah. Kendala-kendala tersebut antara lain:
 - a) Kendala Finansial.
 - b) Kendala Institusi/peraturan.

Fungsi Tujuan

Memaksimalkan/Minimalkan

$$Z = f(c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n)$$

Fungsi Kendala:

$$g1 = f(a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b1)$$

$$g2 = f(a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b2)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Formulasi tersebut dinamakan sebagai bentuk standar dari persamaan linier. Berikut ini adalah model penyelesaian program linier.

Metode Simpleks (Untuk lebih dari 2 variabel pembatas). Di bagi menjadi 2 macam:

1. Simpleks 1 Fase:

- a) Dimulai dari fungsi Tujuan:
 - Maksimumkan: selama masih ada nilai negatif, pilih kolom entering dengan koefisien negatif terbesar.
 - Minimumkan: selama masih ada nilai positif, pilih kolom entering dengan koefisien terbesar.
- b) Pembatas :
 - Bagi angka pada kolom solusi dengan angka kolom entering yang bertanda positif.
 - Pilih baris yang mempunyai hasil bagi terkecil sehingga menjadi baris poros pada iterasi selanjutnya.

- Pertemuan kolom entering dan baris poros sebagai pivot baru.
- Variabel non basis fungsi tujuan pada kolom entering menggantikan variabel poros pada iterasi berikutnya.

d) Hitung semua koefisien baris poros setiap kolom, dengan cara:

$$Koef\ baru = Koef\ lama \times koef\ baru\ poros$$

e) Ulangi langkah-langkah di atas sampai sudah tidak ada lagi.

- Nilai negatif untuk maksimumkan.
- Nilai positif untuk minimumkan.

2. Simpleks 2 Fase.

a) Fase 1:

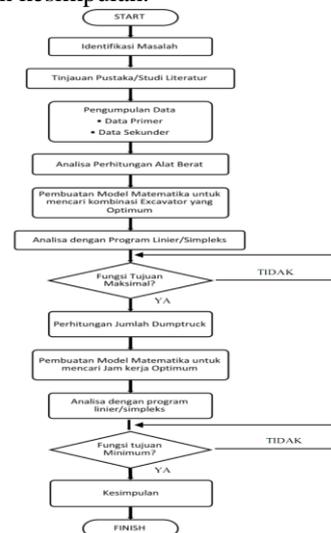
- Jadikan fungsi tujuan dalam bentuk Minimumkan : $r = R_i$, dengan pembatas tetap.
- Jika fungsi tujuan sudah 0, dilanjutkan ke fase 2.

b) Fase 2

- Ubah fungsi tujuan awal dengan mensubstitusikan fungsi tujuan pada fase sebelumnya.
- Gunakan pembatas pada iterasi fase 1, tanpa bilangan R.
- Lakukan iterasi seperti metode simpleks fase sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi pada penelitian ini bertempat di proyek High Speed Railway section IV, Walini DK 96+930 – DK 97+100. Penelitian ini menggunakan penelitian tipe deskriptif. Penelitian deskriptif bertujuan memusatkan perhatian pada suatu masalah saat penelitian tersebut dan penelitian berupa data, kemudian dianalisis sehingga didapatkan kesimpulan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Nama : Pekerjaan galian dan Pengangkutan proyek HSR
- Lokasi : Walini, Jawa Barat
- Nilai : Rp. 5.984.603.200
- Waktu Pelaksanaan: September 2017 – November 2017



Gambar 2. Lokasi Proyek

Alat Berat yang direncanakan

Tabel 1. Jenis alat berat

Excavator	Dumptruck
PC-100	DT 10m ²
PC-200	DT 20m ²
PC-300	DT 30m ²

Produksi Excavator

Tabel 2. Produksi Excavator

Alat	Volume (m3)	Produktivitas (m3/jam)
PC-100	0,5	41,971
PC-200	1	83,333
PC-300	1,75	108,580

Model Matematika Optimasi Jumlah Excavator

- Fungsi tujuan : Maksimumkan
 $Z = 108,58 N_1 + 83,34 N_2 + 41,97 N_3$
- Pembatas :
 - $N_1 \leq 4 \dots (1)$
 - $N_2 \leq 7 \dots (2)$
 - $N_3 \leq 7 \dots (3)$
 - $N_1 + N_2 \leq 6 \dots (4)$
 - $N_1 + N_3 \leq 6 \dots (5)$
 - $N_2 + N_3 \leq 7 \dots (6)$
 - $N_1 + N_2 + N_3 \leq 7 \dots (7)$
 - $108,58N_1 + 83,34N_2 + 41,87N_3 \geq 313,33 \dots (8)$
 - $N_1 \geq 0; N_2 \geq 0; N_3 \geq 0$

Dimana :

- $N_1 =$ Jumlah Excavator PC-300
- $N_2 =$ Jumlah Excavator PC-200
- $N_3 =$ Jumlah Excavator PC-100

1. Fungsi Tujuan :

Fungsi tujuan yang dibentuk untuk mengetahui jumlah optimum excavator yang dapat bekerja, di bentuk dari produktivitas tiap excavator.

2. Fungsi Kendala :

- a. Kendala lebar area pekerjaan
 Kendala lebar area pekerjaan didapatkan dari denah pekerjaan dengan lebar minimum 55 meter. Lebar area pekerjaan harus diperhitungkan agar didapat jumlah alat maksimum yang dapat bekerja pada area tersebut dan agar satu alat dengan alat lainnya tidak saling mengganggu mekanisme gerakannya.
- b. Kendala Target Produktivitas Jam
 Kendala target produktivitas tiap jam yang didapatkan dari perhitungan adalah 313,33 m³/jam, maka produktivitas yang harus dicapai harus lebih besar dari 313,33 m³/jam.
- c. Kendala Ketidaknegatifan.
 Nilai N mewakili jumlah alat excavator tiap jenisnya, maka nilainya tidak mungkin negatif.

Simpleks Optimasi Jumlah Alat

Dari persamaan sebelumnya di hitung dengan metode simpleks 2 fase dan didapatkan nilai sebagai berikut:

- Produktivitas/jam = 601 Lm³/jam
- Jumlah alat excavator PC-300 = 4 unit
- Jumlah alat excavator PC-200 = 2 unit
- Jumlah alat excavator PC-100 = 0 unit

Perhitungan Biaya Sewa Alat

Perhitungan biaya sewa alat didapatkan dari biaya langsung, yaitu biaya dari perusahaan persewaan alat berat, biaya sewa alat dapat dilihat:

Tabel 3. Biaya Sewa Excavator

Excavator	Biaya alat/jam	Biaya Total/jam
PC-100	150.000	254.640
PC-200	165.000	317.887
PC-300	180.000	438.576

Tabel 4. Biaya Sewa Dumptruck

Dumptruck	Biaya alat/jam	Biaya Total/jam
10 m ³	120.000	350.636
20 m ³	145.000	428.661
30 m ³	160.000	619.199

Keterangan :

- Biaya total meliputi biaya solar, biaya operator, dan biaya sewa alat.
- Harga solar berdasarkan harga solar industri.

Produktivitas dan Pemilihan Dumptruck

Produktivitas dumptruck didapatkan dari kombinasi dengan excavator sehingga didapatkan:

Tabel 5. Produktivitas Dumptruck tiap zona

Alat		Zona A	Zona B
PC300	30 m ³	38,27	39,345
	20 m ³	31,33	33,369
	10 m ³	22,026	23,596
PC200	30 m ³	32,62	33,400
	20 m ³	27,44	29,196
	10 m ³	20,030	21,298

Dari tabel 5 dapat dihitung jumlah dumptruck pada tiap zona, seperti pada tabel berikut:

Tabel 6. Jumlah Dumptruck tiap Zona

Dumptruck	Zona A	Zona B
10 m ³	29	27
20 m ³	21	19
30 m ³	18	17

Dari tabel 6 dapat dihitung biaya termurah dumptruck tiap jam, sehingga dipilih dumptruck 20 m³

Model Matematika Optimasi Jam Kerja

A. Zona A

- Fungsi Tujuan :
Minimumkan $Z = 1.754.306 T1 + 635.775 T2$
- Pembatas :
 $T1 + T2 \leq 176 \dots(1)$
 $T1 \geq 50 \dots(2)$
 $T2 \geq 50 \dots(3)$
 $434,32 T1 + 166,68 T2 > 55.10,763 \dots(4)$
 $T1 \geq 0; T2 \geq 0$

B. Zona B

- Fungsi Tujuan :

Minimumkan $Z = 1.754.306 T1 + 635.775 T2$

- Pembatas :
 $T1 + T2 \leq 543 \dots(1)$
 $T1 \geq 50 \dots(2)$
 $T2 \geq 50 \dots(3)$
 $434,32 T1 + 166,68 T2 > 170.285,881 \dots(4)$
 $T1 \geq 0; T2 \geq 0$

Di mana :

T1 = Jumlah jam kerja *Excavator* PC-300
 T2 = Jumlah jam kerja *Excavator* PC-200

1. Fungsi Tujuan :

Fungsi tujuan yang dibentuk untuk mengetahui jam kerja optimum alat pada tiap zonanya dibentuk dari biaya sewa 4 excavator PC-300 dan 2 excavator PC-200

2. Fungsi Kendala :

a. Kendala Jumlah Jam Kerja.

Kendala jumlah jam kerja didapatkan dari penjadwalan dari tiap zona pekerjaan, didapat untuk zona A 176 jam dan zona B 543 jam.

b. Kendala Jam Minimum Sewa Alat.

Kendala minimum sewa alat berat dari peraturan perusahaan sewa alat, minimum sewa alat adalah 50 jam kerja.

c. Kendala Volume Pekerjaan.

Kendala volume pekerjaan didapatkan dari data volume total galian pekerjaan, untuk zona A 170.285,881 m³ dan zona B 55.310,763 m³.

d. Kendala Ketidakefektifan.

Nilai N mewakili jumlah alat excavator tiap jenisnya, maka nilainya tidak mungkin negatif.

Simpleks Optimasi Jam Kerja

Persamaan matematika optimasi jam kerja dianalisis dengan metode simpleks 2 fase dan didapatkan nilai pada tabel berikut :

Tabel 7. Hasil Optimasi Simpleks Jam Kerja

Zona	Jam kerja (T)	Biaya total/jam (Z)
Zona A	T1 = 97,05232028	Rp. 220.452.549,00
	T2 = 78,94767972	
Zona B	T1 = 298,0819011	Rp. 678.640.461,50
	T2 = 244,9190989	

Biaya dan Penjadwalan Hasil Optimasi

Biaya pekerjaan total dari hasil optimasi didapatkan Rp. 4.616.376.662,97 dan penjadwalan

zona A 13 hari pekerjaan dan zona B 38 hari pekerjaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Nilai produktivitas yang di dapatkan adalah PC-300 memiliki produktivitas 108,58 m³/jam, PC-200 memiliki produktivitas 83,33 m³/jam, dan PC-100 memiliki produktivitas 41,971 m³/jam.
2. Hasil dari optimasi jumlah alat adalah 6 unit dengan kombinasi 4 Excavator PC-300, dan Excavator PC-200 dengan produktivitas tiap jamnya sebesar 601 m³/jam.
3. Model optimasi untuk mencari jumlah alat adalah :
 - Fungsi tujuan $Z = 108,58 N_1 + 83,34 N_2 + 41,97 N_3$Sedangkan untuk mencari jam kerja optimum adalah :
 - $Z = 1.754.306 T_1 + 635.775 T_2$ (Zona A)
 - $Z = 1.754.306 T_1 + 635.775 T_2$ (Zona B)
4. Jam kerja optimum untuk zona A PC-300 sebesar 97,0532 jam, dan PC-200 sebesar 78,9476 jam. Untuk zona B didapatkan sebesar PC-300 sebesar 298,0819 jam dan PC-200 sebesar 244,9181 jam.
5. Total biaya penggunaan alat adalah sebesar Rp.4.616.376.662,97,-

SARAN

Berdasarkan penelitian dapat disarankan sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil produktivitas excavator yang dapat mencapai target harian perlu diperhitungkan kombinasi antara dumptruck dan excavator yang optimal. Optimal di sini mengacu pada harga sewa alat yang murah.
2. Dalam menentukan lokasi disposal perlu di perhatikan elevasi medan jalan, sebaiknya dipilih medan yang cenderung datar atau memiliki beda elevasi yang rendah.
3. Dalam pemilihan jenis dumptruck maupun excavator perlu mempertimbangkan lokasi dan medan di proyek, kondisi cuaca, harga sewa alat, spesifikasi alat, tahun produksi alat berat.

DAFTAR PUSTAKA

Kementrian, Pekerjaan Umum (2013). Pedoman Pelaksanaan Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum.

Rochmanhadi. (1985). *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

Rostiyanti, S.F. (2002). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta : Rineka Cipta.

Mulyono, Sri. (2016). *Riset Operasi Edisi 2*: Mitra Wacana Media.

El Unas, Saifoe. *Metode Riset Operasi*. Diakses 8 Mei 2018, dari <http://saifoemk.lecture.ub.ac.id/files/2018/05/Program-Linier.pdf>

Qoriatyllailiyah dan Retno Indryani. 2013. *Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat*. Diakses pada 12 Maret 2018, dari <http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/2863/752>

