

OPTIMASI ALAT BERAT PEKERJAAN MAINROAD DAN INTERCHANGE X TOL PANDAAN – MALANG

Bagaskara Andri Pradipta¹, Sitti Safiatus Riskijah², Dyah Lidyaningtyas³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³
Email: bagas0610@gmail.com¹, ririssafiatus@gmail.com², dyahcipka@gmail.com³

ABSTRAK

Pelaksanaan pekerjaan kaku di Interchange Seksi X Tol Pandaan – Malang adalah pekerjaan yang harus mempertimbangan penggunaan alat berat karena banyak alat yang dipekerjakan. Kapasitas alat berat yang dapat digunakan berbeda-beda sehingga alat berat harus dipilih dengan cermat untuk mengoptimalkan atau meminimalkan biaya penggunaannya. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah gambar *site plan*, *cross section interchange X*, *master schedule*, spesifikasi jenis alat berat, dan harga. Semua data diproses untuk mendapatkan solusi optimum menggunakan metode simpleks program linear. Hasil dari penelitian ini adalah kombinasi alat berat yang termurah, perkerasan kaku di interchange access kombinasi dua: empat unit Dump Truck Mitsubishi Fuso FN627; enam unit Slipform Paver Powerpaver SF-1700; dan lima unit Water Tank Truck Mitsubishi 125HD dengan biaya Rp.833,839,949,00, perkerasan kaku di interchange ramp kombinasi 2: 3 unit Dump Truck Tipe Mitsubishi Fuso FN627; 4 unit Slipform Paver Tipe Powerpaver SF-1700; dan 4 unit Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD dengan biaya Rp.1,687,281,302,00.

Kata kunci: optimasi; kombinasi; alat berat; jalan tol

ABSTRACT

The Implementation of rigid pavement work on the interchange Section X Pandaan-Malang Toll Road is a job that must consider the use of heavy equipment because many tools are employed. The capacity of machines that can be used varies so the machine must be chosen carefully to optimize or minimize the cost of use. The data needed in this study are site plan, section X cross-section, master schedule, specifications of heavy equipment type, and price. All data is processed to get the optimum solution using the Linear Simplex program method. The results obtained: The cheapest combination of heavy equipment, rigid pavement on interchange access combination two: four units of Dump Truck type Mitsubishi Fuso FN627; six units of Slipform Paver type Powerpaver SF-1700; and 5 units of Water Tank Truck type Mitsubishi 125HD at a cost of Rp.833,839,949,00, rigid pavement on the interchange ramp combination two: three units of Dump Trucks type Mitsubishi Fuso FN627; four units of Slipform Paver type Powerpaver SF-1700; and four units of Water Tank Truck type Mitsubishi 125HD at a cost of Rp.1,687,281,302,00.

Keywords: optimization; combination; heavy equipmen; toll road

1. PENDAHULUAN

Intensitas pergerakan manusia maupun barang yang tinggi, menuntut sistem transportasi di Malang juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan perlu adanya penambahan jalur baru yang bisa menghubungkan berbagai wilayah di Pulau Jawa. Untuk menjawab tantangan dari permasalahan tersebut, maka dengan pertimbangan teknis dan juga akan kebutuhan bagi pengguna jalan raya, direncanakan jalur *interchange* dari *mainroad* di jalan tol Pandaan – Malang menuju jalan kota.

Untuk merealisasikan pembangunan konstruksi *interchange* Jalan Tol Pandaan – Malang, diperlukan metode yang tepat dengan biaya yang seminimal mungkin tanpa mengurangi kualitas bangunan. Dalam hal ini penggunaan alat berat memegang peranan penting saat proses pelaksanaan konstruksi tersebut, karena alat berat dalam pekerjaan konstruksi dapat mempermudah pekerjaan yang berat, dan produktivitas kerjanya lebih besar sehingga pekerjaan dapat selesai sesuai jadwal yang telah ditentukan.

Untuk memperoleh hasil biaya yang seminimal mungkin, maka diperlukan penelitian supaya didapatkan jumlah alat berat yang dibutuhkan dengan biaya yang minimal.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut di atas, maka tujuan pembahasan ini meliputi:

1. mengetahui jenis dan tipe alat berat apa saja yang dapat digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku *interchange X* di Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang;
2. menentukan kombinasi alat berat yang dapat digunakan pada pekerjaan perkerasan kaku *interchange X* di Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang; dan
3. menentukan kombinasi alat berat yang paling murah setelah dioptimasi di pekerjaan perkerasan kaku *interchange X* di Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang.

Alat berat yang bekerja sebagai penentu keberhasilan proyek sehingga harus mempertimbangkan jenis dan tipe alat berat, jumlah alat berat, kombinasi alat berat berdasarkan jenis pekerjaan, dan durasi masing-masing pekerjaan baik secara kualitas maupun kuantitas. Faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam mengoptimasi alat berat adalah sebagai berikut:

1. memperhitungkan volume pekerjaan perkerasan kaku di *interchange X*;
2. menentukan metode pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku di *interchange X*;
3. memperhitungkan produktifitas alat berat;
4. memperhitungkan biaya sewa dan operasional;
5. pembentukan alternatif kombinasi; dan
6. proses optimasi.

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

1. menghitung volume dari pekerjaan perkerasan kaku di *interchange X* berdasarkan data gambar/*shop drawing*;
2. menentukan jenis alat berat sesuai dengan metode pelaksanaan sehingga akan diketahui jenis alat berat dan direncanakan tipe alat berat berdasarkan Katalog Alat Berat Kementerian Pekerjaan Umum 2013;
3. menghitung produktivitas alat berat dihitung untuk mengetahui berapa besar volume yang dikerjakan pada masing-masing alat berat dalam 1 jam (m³/jam);

- a. *Dump Truck* (Permen PUPR No. 28 Tahun 2016)

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts} \quad (1)$$

Keterangan:

Q = kapasitas produksi *Dump Truck*;

V = kapasitas bak;

Fa = faktor efisiensi alat;

Fk = faktor pengembangan bahan;

D = berat isi material (lepas, gembur);

v1 = kecepatan rata-rata bermuatan,

v2 = kecepatan rata-rata kosong,

Ts = waktu siklus;

Qecv = kapasitas produksi *Excavator*;

60 = konversi jam ke menit.

- b. *Water Tank Truck* (Permen PUPR No. 28 Tahun 2016)

$$Q = \frac{Pa \times Fa \times 60}{Wc \times 1000} \quad (2)$$

Keterangan :

V = volume tangki air;

Wc= kebutuhan air/m³ material padat;

Pa = kapasitas pompa air;

Fa = faktor efisiensi alat;

60 = konversi jam ke menit;

1000 = perkalian dari km ke m.

- c. *Slipform Paver* (Permen PUPR No. 28 Tahun 2016)

$$Q = b \times t \times Fa \times v \times 60 \quad (3)$$

Keterangan:

b = lebar hamparan;

t = tebal hamparan;

v = kecepatan menghampar;

Fa = faktor efisiensi alat;

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. 28 Tahun 2016).

$$G = (E + F) = \frac{(B-C) \times D}{W} + \frac{Ins \times B}{W} = \frac{(B-C) \times D + (Ins \times D)}{W} \quad (4)$$

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. 28 Tahun 2016).

$$P = H + I + J + K + L + M \quad (5)$$

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*) tiap 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 Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang pada pekerjaan perkerasan kaku *interchange* X 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 aplikasi LINDO (*Linier Interactive Descrete Optimizer*).

Menurut Siringoringo (2005), salah satu teknik penentuan solusi optimal yang digunakan dalam pemrograman linier adalah metode simpleks. Penentuan solusi optimal menggunakan metode simpleks didasarkan pada teknik eliminasi Gauss Jordan. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu dengan cara perhitungan interatif. Penentuan solusi optimal dengan simpleks dilakukan tahap demi tahap yang disebut dengan interasi. Interasi ke-*i* hanya tergantung dari interasi sebelumnya.

Secara umum persoalan-persoalan program linier dapat dinyatakan dalam model bakunya sebagai berikut:

Fungsi tujuan = maksimasi atau minimasi dari

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

Dengan memperhatikan kendala atau pembatas sebagai berikut :

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

Keterangan:

- x = variabel keputusan;
- b = banyaknya jenis aktivitas yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut;
- a = banyaknya sumber ke *i* yang digunakan untuk menghasilkan setiap unit aktivitas;
- z = nilai fungsi tujuan yang akan dimaksimalkan atau diminimumkan;
- c = koefisien fungsi tujuan variabel keputusan yang menunjukkan kenaikan nilai z apabila ada pertambahan tingkat aktivitas/variabel keputusan x dengan satu satuan, merupakan sambungan setiap satuan variabel keputusan terhadap nilai z.

LINDO (*Linier Interactive Descrete Optimizer*) adalah program bantu yang digunakan untuk menyelesaikan kasus program linier, yaitu suatu permodelan matematik yang digunakan untuk mengoptimalkan suatu tujuan dari beberapa kendala (Leatemala, 2013). Sebelum memasukan data ke program LINDO, harus mengubah permasalahan menjadi model matematis program linier dengan

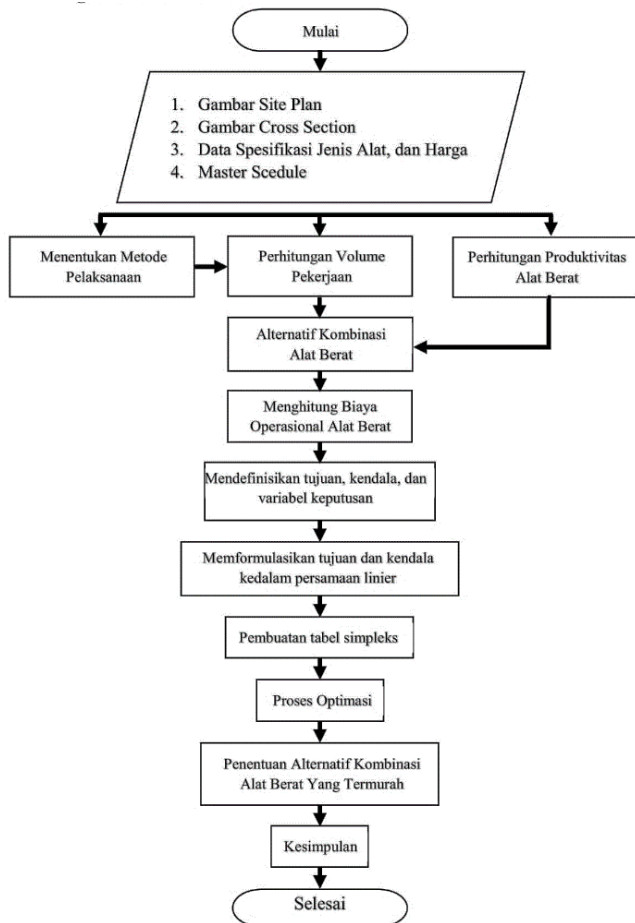
menemukan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala.

Kendala yang dibutuhkan adalah:

- a. Kendala Volume.
Produktifitas Alat $X \geq$ Volume Pekerjaan Per Jam
- b. Kendala Luas Area.
Luas Alat X_1 , Luas Alat X_2 , Luas Alat $X \dots X_n \leq$ Luas Area Kerja
Lebar Alat $X \leq$ Lebar Area Kerja
- c. Kendala Ketergantungan Alat Berat.
Jumlah alat yang saling berketergantungan \geq volume pekerjaan
- d. Kendala Ketidaknegatifan.
 $X_1, X_2, X \dots, X_n \geq 0$
Lalu kendala tersebut dioptimasi sesuai dengan alternatif kombinasi menggunakan aplikasi LINDO.

2. METODE

Diagram alir dalam tahapan menghitung optimasi alat berat pekerjaan *interchange* X Tol Pandaan – Malang, terdapat di **gambar 1**. Di dalam proses analisis, diperlukan data-data sekunder sebagai penunjang yang meliputi data *site plan*, data *cross section* pada *interchange* X, harga sewa alat berat, harga bahan bakar dan upah, jenis dan spesifikasi alat berat. Setelah data diperoleh, selanjutnya membentuk *Work Breakdown Structure* (WBS), lalu menyusun metode kerja pada masing-masing jenis pekerjaan, menghitung volume pekerjaan berdasarkan data *cross section*, menentukan jenis alat berat yang dibutuhkan pada masing-masing jenis pekerjaan serta perhitungan dari produktivitas, menentukan alternatif kombinasi alat berat, menghitung biaya sewa operasional pada masing-masing unit, lalu dioptimasi menggunakan tabel simpkes dengan bantuan aplikasi LINDO (*Linier Interactive Descrete Optimizer*).



Gambar 1. Diagram Alir Optimasi Alat Berat
 Sumber: Hasil Analisis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Pekerjaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan *interchange* Seksi X Tol Pandaan – Malang, harus memperhitungkan volume pekerjaan pada setiap masing-masing item pekerjaan. Hasil dari perhitungan volume pekerjaan dapat dilihat di dalam **tabel 1**.

Tabel 1. Rekap Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku Di *Interchange X*

Lokasi	Volume Padat (m ³)	Volume Lepas(m ³)
<i>Interchange Access</i>	3.712,50	4.046,63
<i>Interchange Ramp</i>	5.202,00	5.670,18

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Dan Tipe Alat Berat yang Dipergunakan

Jenis pekerjaan perkerasan kaku yang berlangsung pada proyek jalan tol pada *interchange X* ini memerlukan alat berat yang digunakan untuk membawa material (hauling) berupa beton kering dari *batching plan* ke area proyek, lalu dihamparkan sesuai ketentuan gambar kerja sekaligus dipadatkan, lalu memerlukan alat berat yang digunakan

untuk membawahi material untuk menjaga suhu beton sehingga ditentukan unit alat berat seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jenis Dan Tipe Alat Berat Di *Interchange X*

Unit	Tipe Alat Berat
DT1	<i>Dump Truck</i> Tipe Hino FM 260JM
DT2	<i>Dump Truck</i> Tipe Mitsubishi Fuso FN 627
WTT1	<i>Water Tank Truck</i> Mitsubishi 125HD
SP1	<i>Slipform Paver</i> Tipe Powerpaver SF-1700

Sumber: Hasil Analisis

Pekerjaan perkerasan kaku ini meliputi pengambilan material di *batching plan* lalu pengangkutan material menggunakan *dump truck*, kemudian penghamparan material di area yang telah dilakukan pekerjaan *lean concrete*, setelah itu diratakan menggunakan *slipform paver* dengan elevasi leveling tertentu. Lalu dijaga suhu beton dengan cara penyiraman menggunakan *water tank truck*. Gambar pelaksanaan pekerjaan dapat dilihat di **Gambar 2**. dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Gambar Alat Berat
 Sumber: Dokumentasi PT. PP.Tbk



Gambar 3. Gambar Alat Berat
 Sumber: Dokumentasi PT. PP.Tbk

Untuk alur pergerakan dari masing-masing alat berat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pergerakan dari alat berat *dump truck*
 Alat berat *dump truck* berfungsi untuk mengangkut material beton kering yang diangkat dari lokasi *batching plan* ke dalam bak *dump truck* lalu ditumpahkan ke alat berat *slipform paver* di lokasi proyek, dan dalam prosesnya terdapat beberapa tahap, yaitu:
 - a. antri proses *loading* di *batching plan*;
 - b. proses *loading* di *batching plan*;
 - c. berjalan meninggalkan lokasi di *batching plan*;
 - d. perjalanan menuju lokasi proyek;

- e. proses penumpahan/penimbunan material beton kering ke alat berat *slipform paver* di lokasi proyek; dan
 - f. berjalan meninggalkan lokasi proyek dan menuju di *batching plan*.
2. Pergerakan dari alat berat *slipform paver*.
Alat berat *slipform paver* berfungsi untuk meratakan dan pemadatan material beton kering sesuai dengan elevasi rencana sehingga pergerakannya hanya maju.
 3. Pergerakan dari alat berat *water tank truck*.
Alat berat *water tank truck* berfungsi untuk menyiram material material beton kering yang telah dihamparkan dan dipadatkan, sehingga pergerakannya hanya maju dan mundur kembali.

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 3**.

Tabel 3. Rekap Produktifitas Alat Berat

Perkerasan Kaku (m ³ /jam)	
DT1	73.289
DT2	73.289
SF1	537.840
WTT1	71.143

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Biaya Sewa dan Operasional

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

Tabel 4. Rekap Biaya Sewa dan Operasional

Unit Alat	Harga Sewa Operasional/jam	Biaya Mobilisasi
DT1	Rp 863,130	Rp 566,250
DT2	Rp 814,435	Rp 566,250
WTT1	Rp 439,074	Rp 566,250
SFR1	Rp 1,710,974	Rp 10,570,000

Sumber: Hasil Perhitungan

Menentukan 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 5**.

Tabel 5. Alternatif Kombinasi Alat Berat

Pekerjaan Perkerasan Kaku	
Alternatif 1	Alternatif 2
DT1	DT2
SF1	SF2
WTT1	WTT1

Sumber: Hasil Perhitungan

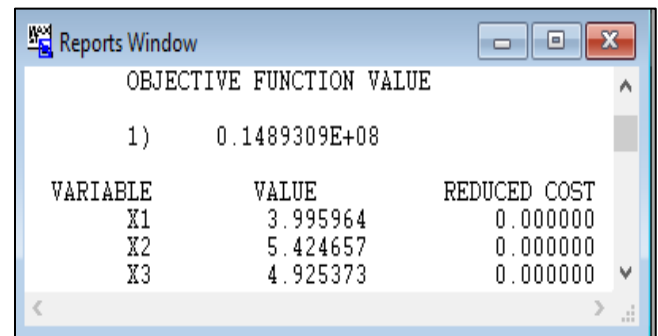
Proses Optimasi Menggunakan Program Linier Metode Simpleks

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 Descrete Optimizer*). Berikut ini adalah hasil optimasi dengan alternatif penggunaan alat berat yang optimal:

Optimasi pekerjaan perkerasan kaku interchange access

1. Penentuan Variabel Keputusan
 X_1 = Jumlah unit Dump Truck
 X_2 = Jumlah unit Slipform Paver
 X_3 = Jumlah unit Water Tank Truck
2. Penentuan Fungsi Tujuan
 $Min = 863130X_1 + 1710974X_2 + 439074X_3$
3. Penentuan Fungsi Kendala
 $73.289 X_1 \geq 81.054$
 $537.840 X_2 \geq 81.054$
 $71.143 X_3 \geq 81.054$
 $92X_1 + 84X_2 + 26X_3 \leq 13365$
 $4.955X_1 \leq 19.8$
 $3.650X_2 \leq 19.8$
 $4.020X_3 \leq 19.8$
 $22X_1 + 3X_2 + 23X_3 \geq 4046.625$
4. Penentuan Fungsi Ketidakefektifan
 $X_1 \geq 0$
 $X_2 \geq 0$
 $X_3 \geq 0$

Berikut ini adalah hasil optimasi alat berat pada pekerjaan perkerasan kaku di *interchange access* dapat dilihat di **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil Optimasi Alat Berat Pada Interchange Access LINDO

Sumber: Hasil Analisis LINDO

Didapatkan hasil bahwa:
 $X_1 = 3.995964 \approx 4$ unit;

$X_2 = 5.424657 \approx 6$ unit; dan
 $X_3 = 4.925373 \approx 5$ unit.

Berikut adalah hasil rekapitulasi optimasi alat berat pada pekerjaan perkerasan kaku di *interchange access* alternatif kombinasi 1 dan alternatif kombinasi 2 dapat dilihat di dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekap Hasil Optimasi Alat Berat pada *Interchange Access* LINDO

Uraian	Volume	Durasi	Jumlah Alat Berat Optimum			Produktifitas Alat Berat		
			DT	SF	WTT	DT	SF	WTT
Alternatif 1	4046.6250	50	4	6	5	73.2891	537.84	71.1429
Alternatif 2	4046.6250	50	4	6	5	73.2891	537.84	71.1429

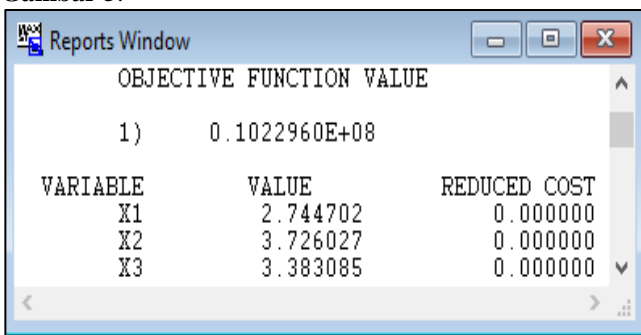
Uraian	Biaya Sewa/Jam	Biaya Mobilisasi	Biaya Sewa Total	Total Biaya
	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.
Alternatif 1	15,913,733	49,075,000	794,489,144	843,564,144
Alternatif 2	15,718,956	49,075,000	784,764,949	833,839,949

Sumber: Hasil Perhitungan

Optimasi pekerjaan perkerasan kaku interchange ramp

1. Penentuan variabel keputusan
 X_1 = Jumlah unit Dump Truck
 X_2 = Jumlah unit Slipform Paver
 X_3 = Jumlah unit Water Tank Truck
2. Penentuan fungsi tujuan
 $Min = 863130X_1 + 1710974X_2 + 439074X_3$
3. Penentuan fungsi kendala
 $73.289 X_1 \geq 37.970$
 $537.840 X_2 \geq 37.970$
 $71.143 X_3 \geq 37.970$
 $63X_1 + 58X_2 + 18X_3 \leq 18700$
 $4.955X_1 \leq 13.6$
 $3.650X_2 \leq 13.6$
 $4.020X_3 \leq 13.6$
 $22X_1 + 3X_2 + 23X_3 \geq 5670.180$
4. Penentuan Fungsi Ketidakefektifan
 $X_1 \geq 0$
 $X_2 \geq 0$
 $X_3 \geq 0$

Berikut adalah hasil optimasi alat berat pada pekerjaan perkerasan kaku pada interchange ramp dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hasil Optimasi Alat Berat pada *Interchange Ramp* LINDO

Sumber : LINDO

Didapatkan hasil bahwa $X_1 = 2.744702 \approx 3$ unit; $X_2 = 3.726027 \approx 4$ unit dan $X_3 = 3.383085 \approx 4$ unit. Berikut adalah rekap hasil optimasi alat berat pada pekerjaan perkerasan kaku pada interchange ramp alternatif kombinasi 1 dan alternatif kombinasi 2 dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Rekap Hasil Optimasi Alat Berat pada *Interchange Ramp* LINDO

Uraian	Volume	Durasi	Jumlah Alat Berat Optimum			Produktifitas Alat Berat		
			DT	SF	WTT	DT	SF	WTT
Alternatif 1	5670.18	149	3	4	4	73.2891	537.84	71.1429
Alternatif 2	5670.18	149	3	4	4	73.2891	537.84	71.1429

Uraian	Biaya Sewa/Jam	Biaya Mobilisasi	Biaya Sewa Total	Total Biaya
	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.
Alternatif 1	11,189,581	38,127,500	1,670,968,716	1,709,096,216
Alternatif 2	11,043,498	38,127,500	1,649,153,802	1,687,281,302

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut ini adalah rekapitulasi dari alternatif kombinasi terpilih dari pekerjaan perkerasan kaku *interchange access* dan *interchange ramp* dapat dilihat di dalam **Tabel 8**.

Tabel 8. Rekap Alternatif Kombinasi Optimal Setelah Dioptimasi

Lokasi	Alternatif yang Dipilih	Jenis Unit	Jumlah Unit	Biaya Total
Interchange Access	Alternatif 2	DT2	4	Rp. 833,839,949,-
		SF2	6	
		WTT1	5	
Interchange Ramp	Alternatif 2	DT2	3	Rp.1.687.281.302,-
		SF2	4	
		WTT1	4	

Sumber: Hasil Perhitungan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. pada pekerjaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) *interchange access* dipilih alternatif dua dengan total biaya Rp. 833,839,949,00 dengan kombinasi empat Dump Truck Tipe Mitsubishi Fuso FN 627, enam Slipform Paver Tipe Powerpaver SF-1700, dan lima Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD; dan
2. pada pekerjaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) *interchange ramp* dipilih alternatif dua dengan total biaya Rp. 1,687,281,302,00 dengan kombinasi tiga Dump Truck Tipe Mitsubishi Fuso FN 627, empat Slipform Paver Tipe Powerpaver SF-1700, dan empat Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Katalog Alat Berat 2013 Kementerian Pekerjaan Umum
 [2] Leatemia, K. E. 2013. *Optimasi Biaya Dan Durasi Proyek Menggunakan Program LINDO (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyebrangan Salakan Tahap II)*. Skripsi, Unsrat.
 [3] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat No 28/PRT/M/2016 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

- [4] Siringoringo, Hotniar. 2005. *Seri Teknik Riset Operasional: Pemrograman Linear*. Yogyakarta: Graha Ilmu.