

Journal homepage: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/> ISSN: 2722-9203 (media online/daring)

## OPTIMASI *BATCHING PLANT* PADA PROYEK REHABILITASI JALAN A – B – C – D – E

Hafizhan Faris Pamungkas<sup>1</sup>, Sitti Safiatus Riskijah<sup>2</sup>, Suhariyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

<sup>2,3</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

Koresponden\*, Email: <sup>1</sup> [hafizan.didan4@gmail.com](mailto:hafizan.didan4@gmail.com), <sup>2</sup> [sitti.safiatus@polinema.ac.id](mailto:sitti.safiatus@polinema.ac.id), <sup>3</sup> [suhariyanto@polinema.ac.id](mailto:suhariyanto@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Proyek Rehabilitasi Jalan A – B – C – D – E menangani jalan sepanjang 14,12 km yang dibagi menjadi 15 segmen. Pekerjaan perkerasan kaku memerlukan alat berat seperti *batching plant*, *wheel loader* dan *truck mixer*. Dalam hal ini optimasi dilakukan untuk meminimalkan biaya penyediaan beton *ready mix*. Optimasi ini dilakukan pada segmen 1, segmen 2, segmen 3, segmen 4, segmen 6, segmen 7, segmen 8, dan segmen 9. Tujuan dari optimasi ini adalah menentukan jumlah *Batching Plant* yang optimum. Data yang dibutuhkan dalam optimasi ini adalah kondisi daerah sekitar pada masing-masing segmen, gambar potongan melintang, potongan memanjang, jadwal proyek, spesifikasi alat berat, dan HSD Kab. X tahun 2021. Metode optimasi yang digunakan adalah metode simpleks dengan bantuan aplikasi LINDO 6.1. Hasil optimasi diperoleh jumlah *batching plant* yang optimum adalah sebanyak 1 unit dengan kapasitas produksi 35 m<sup>3</sup>/jam dan dengan biaya optimum sebesar Rp. 6.562.559,70.

**Kata kunci** : *batching plant*; optimasi; rehabilitasi jalan

### ABSTRACT

*A – B – C – D Road Rehabilitation Project covers a 14.12 km road which is divided into 15 segments. Rigid pavement work requires heavy equipment like batching, wheel loader and truck mixer. This optimization is carried out on segment 1, segment 2, segment 3, segment 4, segment 6, segment 7, segment 8, and segment 9. The purpose of this optimization is to determine the optimum number of the Batching Plant. The data needed for this optimization are condition of the surrounding area in each segment, cross-sectional drawings, long-sectional drawings, work schedule, heavy equipment specifications, and District X Base Unit Price in 2021. The optimization method used is the simplex method with the help of the LINDO 6.1 application. The results are obtained the optimum number of batching plants are 1 unit with a production capacity of 35 m<sup>3</sup>/hour and an optimum cost of Rp. 6,562,559.70.*

**Keywords** : *batching plant*; optimization; rehabilitation road

### 1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu upaya pemerintah dalam mempercepat infrastruktur Indonesia adalah dengan membangun dan memperbaiki jalan di seluruh pelosok negeri. Pesatnya pertumbuhan ekonomi di tanah air khususnya di Jawa Barat mengakibatkan semakin tingginya volume lalu-lintas baik arus barang maupun manusia, terutama di ruas – ruas utama jalur X Jawa Barat.

Ruas penanganan Rehabilitasi Jalan A – B – C – D – E merupakan jalur penting yang termasuk dalam Jalur Lintas

Y pulau Jawa. Proyek ini dilaksanakan oleh PT. Z sebagai Kontraktor Utama yang menangani jalan sepanjang 14,12 km yang dibagi menjadi 15 segmen dan terbentang di 3 (tiga) Wilayah administratif di Jawa Barat.

Dalam pelaksanaan mengalami beberapa kendala salah satunya yaitu kapasitas produksi *batching plant* yang digunakan tidak mencukupi dari volume beton *ready mix* yang dibutuhkan, sehingga terjadi kemoloran dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku dan berdampak pada pembengkakan biaya proyek. Salah satu cara untuk

mengatasi hal tersebut adalah dengan menentukan jumlah *batching plant* yang optimum. Tujuan optimasi ini adalah untuk menentukan jumlah penggunaan *batching plant* yang optimum. Metode yang digunakan untuk penentuan jumlah yang optimum adalah metode simpleks dengan bantuan aplikasi LINDO 6.1.

## 2. METODE

### 2.1 Produktivitas Alat Berat

Perhitungan produktivitas alat berat yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri PUPR No.1 Tahun 2022, sebagai berikut:

#### 1) *Batching Plant*

*Batching plant* merupakan alat yang berfungsi untuk mencampur atau memproduksi beton siap pakai dalam skala besar. *Batching Plant* digunakan dalam produksi beton skala besar agar kualitas, kinerja dan kontinuitas produksi dapat dijaga dengan baik sesuai standar yang ditetapkan. [1]

Produktivitas *Batching Plant* dihitung menggunakan rumus 1.

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} m^3 \quad (1)$$

Keterangan: V = kapasitas produksi ; Liter; Fa = faktor efisiensi alat; T<sub>1</sub> = lama waktu mengisi ; menit; T<sub>2</sub> = lama waktu mengaduk ; menit; T<sub>3</sub> = lama waktu menuang; menit; T<sub>4</sub> = lama waktu menunggu dll ; menit; T<sub>s</sub> = waktu siklus,  $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$  ; menit; 60 = konversi jam ke menit; 1000 = konversi dari kilometer ke meter.

#### 2) *Truck Mixer*

*Truck mixer* adalah suatu kendaraan truk khusus yang dilengkapi dengan *concrete mixer* yang berfungsi mengaduk atau mencampur campuran beton (berfungsi sama seperti alat molen). [1]

Produktivitas *Truck mixer* dihitung menggunakan rumus 2.

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s} m^3 \quad (2)$$

Keterangan: V = kapasitas drum; (5 m<sup>3</sup>); m<sup>3</sup>; Fa = faktor efisiensi alat; v<sub>1</sub> = kecepatan rata-rata bermuatan, (15 – 25); km/jam; v<sub>2</sub> = kecepatan rata-rata kosong, (25 – 35); km/jam; T<sub>1</sub> = lama waktu mengisi = (V / Q) x 60; menit; T<sub>2</sub> = lama waktu kembali = (L / v<sub>1</sub>) x 60; menit; T<sub>3</sub> = lama waktu kembali = (L / v<sub>2</sub>) x 60; menit; T<sub>4</sub> = lama waktu menumpahkan dll ; (2 menit) ; menit; 60 = konversi jam ke menit; T<sub>s</sub> = waktu siklus,  $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$  ; menit.

#### 3) *Wheel Loader*

*Wheel loader* adalah alat pemuat beroda karet (ban). Untuk menghitung produktivitas dari *Wheel Loader* yang digunakan untuk mengambil agregat dari *stock pile* kedalam *storage bin Batching Plant*, dapat menggunakan Rumus 3.

$$Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} m^3 \quad (3)$$

Keterangan: V = kapasitas bucket; (1,50 m<sup>3</sup>. munjung); m<sup>3</sup>; Fb = faktor bucket; Fa = faktor efisiensi alat; L = jarak dari *stock pile* ke *storage bin*, m; v<sub>1</sub> = kecepatan rata-rata bermuatan, km/jam; v<sub>2</sub> = kecepatan rata-rata kosong, km/jam; T<sub>1</sub> = waktu tempuh isi = (L / v<sub>1</sub>) x 60; menit; T<sub>2</sub> = waktu tempuh kosong = (L / v<sub>2</sub>) x 60; menit; Z = waktu pasti (mengisi, berputar, menumpuk); asumsi (0,60 – 0,75) menit; menit; t<sub>1</sub>: mengisi (0,2 – 0,35 menit); t<sub>2</sub>: berputar (0,15 menit); t<sub>3</sub>: menumpuk (0,1 menit); 60 = konversi jam ke menit; T<sub>s</sub> = waktu siklus,  $T_s = \sum_{n=1}^n T_n + Z$  ; menit

### 2.2 Biaya Sewa Alat Berat

Menurut Peraturan Menteri PUPR No. 1 Tahun 2022, biaya sewa alat berat (S) adalah meliputi biaya pasti (G) dan biaya operasi seperti yang tertuang pada Rumus 4.

$$S = G + P \quad (4)$$

Keterangan: S = Biaya sewa alat berat (rupiah); G = Biaya pasti (rupiah); dan P = Biaya operasi (rupiah).

#### 1) Biaya Pasti Alat Berat

Berikut ini merupakan komponen biaya pasti tiap unit peralatan [2] :

##### a) Nilai Sisa Alat (C)

Nilai sisa alat dapat diambil rata-rata 10% (sepuluh persen) dari harga pokok alat, tergantung pada karakteristik (dari pabrik pembuat) dan kemudahan pemeliharaan alat seperti terlihat pada Rumus 5.

$$C = (3\% - 10\%) \times B \quad (5)$$

Keterangan: C = Nilai Sisa Alat (%); dan B = Harga Pokok Alat (rupiah).

##### b) Suku Bunga, Faktor Angsuran, dan Faktor Pengendalian Modal

Faktor angsuran modal (*Recovery Capital Factor, RCF*) (D) dan biaya pengembalian modal (E) dapat dihitung menggunakan Rumus 6 dan 7.

$$D = \frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1} \quad (6)$$

Keterangan: D = Faktor Angsuran Modal; i = Tingkat Suku Bunga Pinjaman Investasi (% per tahun); A = Umur Ekonomis Alat (tahun)

$$E = \frac{(B-C) \times D}{W} \quad (7)$$

Keterangan: E = Biaya Pengembalian Modal (rupiah); B = Harga Pokok Alat (rupiah); C = Nilai Sisa Alat (rupiah); D = Faktor Angsuran Modal; W = Jam Operasi per tahun (jam)

c) Asuransi dan Pajak

Besarnya nilai asuransi (Ins) dan pajak kepemilikan peralatan ini umumnya diambil rata-rata per tahun sebesar 0,1% untuk asuransi dan 0,1% untuk pajak, atau dijumlahkan sebesar 0,2% dari harga pokok alat, atau 2% dari nilai sisa alat (apabila nilai sisa alat = 10% dari harga pokok alat) seperti terlihat pada Rumus 8.

$$F = \frac{0,002 \times B}{W} \quad (8)$$

Keterangan: F = Biaya Asuransi dan Pajak (rupiah); B = Harga Pokok Alat (rupiah); W = Jam Operasi per tahun (jam).

d) Biaya Pasti Total

Rumus perhitungan total biaya pasti dapat dilihat pada Rumus 9.

$$G = E + F \quad (9)$$

Keterangan: G = Biaya Pasti (rupiah); E = Biaya Pengembalian Modal (rupiah); dan F = Biaya Asuransi dan Pajak (rupiah).

## 2) Biaya Operasi Alat Berat

Berikut merupakan komponen biaya operasi tiap unit peralatan:

a) Bahan Bakar (H)

Banyaknya bahan bakar per jam yang digunakan oleh mesin menggerak dan tergantung pada besarnya kapasitas tenaga mesin, biasanya diukur dengan satuan HP (*Horse Power*) dan dihitung dengan Rumus 10.

$$H : (10,00 - 12,00)\% \times HP \times Ms \quad (10)$$

Keterangan: H : banyaknya bahan bakar yang dipergunakan dalam 1 jam dengan satuan liter/jam; HP : Horse Power, kapasitas tenaga mesin penggerak; Ms : Harga minyak solar (rupiah/liter); 10% : untuk alat berat yang digunakan ringan; 12% : untuk alat berat yang digunakan berat.

b) Biaya Minyak Pelumas (I)

Banyaknya pelumas (termasuk pemakaian minyak yang lain serta grease) yang dipergunakan oleh peralatan yang bersangkutan dihitung dengan Rumus 11 dan berdasarkan kapasitas tenaga mesin.

$$I : (0,25 - 0,35)\% \times HP \times Mp \quad (11)$$

Keterangan: I : banyaknya minyak pelumas yang dipergunakan dalam 1 (satu) jam dengan satuan liter/jam; HP : Horse Power, kapasitas tenaga mesin penggerak; Mp : harga minyak pelumas (rupiah/liter); 0,25% : untuk alat berat yang digunakan ringan; 0,35% : untuk alat berat yang digunakan berat

c) Biaya Bengkel (J)

Besarnya biaya bengkel tiap jam dihitung dengan Rumus 12:

$$J : (2,2 - 2,8)\% \times B/W \quad (12)$$

Keterangan: B : harga pokok alat berat setempat; W : jumlah jam kerja alat dalam satu tahun; 2,2% : untuk alat berat yang digunakan ringan; 2,8% : untuk alat berat yang digunakan berat

d) Biaya Perawatan dan Perbaikan (K)

Untuk menghitung biaya perbaikan termasuk penggantian suku cadang yang aus dipakai Rumus 13:

$$K : (6,4 - 9)\% \times B/W \quad (13)$$

Keterangan: B : harga pokok alat berat setempat; W : jumlah jam kerja alat dalam satu tahun; 6,4% : untuk alat berat yang digunakan ringan; 9% : untuk alat berat yang digunakan berat

e) Upah *Driver* (L) dan Pembantu *Driver* (M)

Upah Operator dan Pembantu operator atau driver, dihitung dengan Rumus 14 dan Rumus 15.

$$L = 1 \text{ orang/jam} \times UI \quad (14)$$

$$M = 1 \text{ orang/jam} \times U2 \quad (15)$$

f) Biaya Operasional Total

Rumus perhitungan total biaya operasional dapat dilihat pada Rumus 16.

$$P : H + I + J + K + L + M \quad (16)$$

## 2.3 Program Linear

Program linear, kata benda dari pemrograman linear (*linear programming*), muncul dalam bidang penelitian operasional (*operational research*), telah terbukti sebagai cara yang paling tepat untuk penyelesaian masalah tertentu. Pemrograman linear adalah teknik matematika untuk memilih program terbaik dari sehimpunan alternatif yang mungkin dengan menggunakan fungsi linear. Masalah pemrograman linear adalah mengoptimalkan (memaksimalkan/meminimumkan) variabel terikat (fungsi linear dari variabel bebas) terhadap sejumlah kendala linear.

Variabel terikat adalah fungsi tujuan melibatkan konsep ekonomi seperti keuntungan, biaya, pemasukan, penjualan, jarak, waktu, dan lain-lain. Variabel bebas adalah variabel keputusan, dalam menyelesaikan masalah

pemrograman linear, nilai dari variabel ini yang akan diputuskan. Solusi optimum dari pemrograman linear adalah memasukkan sehimpunan nilai ke variabel keputusan (tidak harus unik) dan ke fungsi tujuan yang bersesuaian. [3]

Fungsi tujuan untuk kasus minimasi secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Z_{\min} = C_{11}.X_{11} + C_{12}.X_{12} + \dots\dots\dots C_n.X_n \quad (17)$$

Dengan memperhatikan kendala atau pembatas yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots\dots\dots a_nx_n (\leq, =, \geq) b_1 \quad (18)$$

Dimana: 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 minimalkan; C = koefisien fungsi tujuan variabel keputusan yang menunjukkan kenaikan nilai z apabila ada pertambahan tingkat aktivitas atau variabel keputusan x dengan satu satuan, atau merupakan sumbangan setiap satuan variabel keputusan terhadap nilai z.

### 2.4 Metode Simpleks

Salah satu teknik penentuan solusi optimal yang digunakan dalam pemrograman linear adalah metode simpleks. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrem satu per satu dengan cara perhitungan iteratif. Sehingga penentuan solusi optimal dengan simpleks dilakukan tahap demi tahap yang disebut dengan iterasi. Iterasi ke-i hanya bergantung dari iterasi sebelumnya (i-1). [3]

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Alternatif Kombinasi Alat Berat

Alternatif-alternatif kombinasi alat berat perlu ditentukan terlebih dahulu untuk nantinya dihitung produktivitas pada setiap alat berat. Alternatif-alternatif tersebut dapat dilihat pada Tabel 1-

**Tabel 1. Alternatif-alternatif Kombinasi Alat Berat**

No	Alternatif	Nama Alat Berat
1	Eksisting	<i>Batching Plant</i> HZS90, <i>Wheel Loader (WL)</i> , <i>Truck Mixer (TM)</i>
2	Alternatif 1	<i>Batching Plant</i> HZS25, <i>WL</i> , <i>TM</i>
3	Alternatif 2	<i>Batching Plant</i> HZS35, <i>WL</i> , <i>TM</i>
4	Alternatif 3	<i>Batching Plant</i> HZS90, <i>WL</i> , <i>TM</i>

Sumber: Hasil Analisis

### 3.2 Produktivitas Alat Berat

Perhitungan produktivitas dibawah ini menggunakan contoh perhitungan pada alternatif 1.

#### 1) Produktivitas *Batching Plant*

Pada alternatif 1, *batching plant* yang digunakan adalah *batching plant* dengan produktivitas sebesar 25 m<sup>3</sup>/jam.

#### 2) Produktivitas *Wheel Loader*

Diketahui: V = 1,50 m<sup>3</sup> ; munjung; Fb = 1 ; kondisi mudah; Fa = 0,8 ; kondisi baik; L = 0,5 km; v<sub>1</sub> = 10 km/jam ; kondisi sulit; v<sub>2</sub> = 12 km/jam ; kondisi sulit; T<sub>1</sub> = (L / v<sub>1</sub>) x 60 menit = (0,5/10) x 60 = 3 menit; T<sub>2</sub> = (L / v<sub>2</sub>) x 60 menit = (0,5/12) x 60 = 2,5 menit; Z = 0,7 menit; Ts = 3+2,5+0,7 = 6,2 menit.

Dari keterangan di atas maka produktivitas *wheel loader* dihitung menggunakan rumus 2, dan diperoleh 11,613 m<sup>3</sup>/jam

#### 3) Produktivitas *Truck Mixer*

Diketahui: V = 7 m<sup>3</sup>; Fa = 0,81 ; kondisi baik; v<sub>1</sub> = 20 km/jam ; kondisi sedang; v<sub>2</sub> = 30 km/jam ; kondisi sedang; Q<sub>bp</sub> = 25 m<sup>3</sup>/jam ; didapat dari spesifikasi *batching plant*; L = 15,1 km; jarak dari *batching plant* ke segmen 1; T<sub>1</sub> = (V / Q<sub>bp</sub>) x 60; menit = (7/25) x 60 = 16,8 menit; T<sub>2</sub> = (L / v<sub>1</sub>) x 60 menit = (15,1 / 20) x 60 = 45,3 menit; T<sub>3</sub> = lama waktu kembali = (L / v<sub>2</sub>) x 60 menit = (15,1 / 30) x 60 = 30,2 menit; T<sub>4</sub> = 15 menit; Ts = 16,8+45,3+30,2+15 = 107,3 menit.

Dari keterangan di atas maka produktivitas *truck mixer* dihitung menggunakan rumus 3, dan diperoleh 3,489 m<sup>3</sup>/jam.

### 3.3 Biaya Sewa Alat Berat

Perhitungan biaya sewa dibawah ini menggunakan contoh perhitungan biaya sewa *Batching Plant* pada alternatif 1.

#### 1) Biaya Pasti

a) Diketahui: Koef : 10%; B = US\$ 30.000 atau berdasar kurs mata uang tanggal 8 Juni 2022 senilai Rp. 445.165.000. Dari keterangan tersebut maka nilai sisa alat dihitung dengan Rumus 5 diperoleh C sebesar Rp. 44.516.550.

b) Diketahui: A = 10 Tahun; i : 8,62%; B = US\$ 30.000 atau berdasar kurs mata uang tanggal 8 Juni 2022 senilai Rp. 445.165.000. Dari keterangan tersebut maka Faktor Angsuran Modal dihitung dengan Rumus 6 diperoleh D sebesar 0,153 dan Biaya Pengembalian Modal dihitung dengan Rumus 7 diperoleh E sebesar Rp. 30.689,52 /jam.

c) Diketahui: B = US\$ 30.000 atau berdasar kurs mata uang tanggal 8 Juni 2022 senilai Rp. 445.165.000; W = 2000 jam/tahun. Dari keterangan tersebut maka biaya Asuransi dan Pajak dihitung berdasarkan Rumus 8 didapat Rp. 445,17 /jam

d) Total biaya pasti alat berat dapat dihitung dengan Rumus 9 diperoleh G sebesar Rp. 31.143,69 /jam.

2) Biaya Operasional

a) Diketahui:  $W = 2000$  jam/tahun sehingga menggunakan koefisien bahan bakar 12%;  $HP = 67,05$  HP;  $Ms = Rp. 10.915,00$ . Dari keterangan tersebut maka biaya bahan bakar dihitung berdasarkan Rumus 10 didapat Rp. 87.822,09 /jam

b) Diketahui:  $W = 2000$  jam/tahun sehingga menggunakan koefisien pelumas 0,35%;  $HP = 67,05$  HP;  $Ms = Rp. 42.446,00$ . Dari keterangan tersebut maka biaya bahan bakar dihitung berdasarkan Rumus 11 didapat Rp. 9.961,02 /jam.

c) Diketahui: Koef : 2,8% karena dalam kondisi berat;  $B = US\$ 30.000$  atau berdasar kurs mata uang tanggal 8 Juni 2022 senilai Rp. 445.165.000;  $W = 2000$  jam/tahun. Dari keterangan tersebut maka biaya bahan bakar dihitung berdasarkan Rumus 12 didapat Rp. 6.232,32 /jam.

d) Diketahui: Koef : 9% karena dalam kondisi berat;  $B = US\$ 30.000$  atau berdasar kurs mata uang tanggal 8 Juni 2022 senilai Rp. 445.165.000;  $W = 2000$  jam/tahun. Dari keterangan tersebut maka biaya bahan bakar dihitung berdasarkan Rumus 13 didapat Rp. 20.032,45 /jam.

e) Upah Operator

Diketahui:  $U1 = Rp. 33.000,00$ ;  $U2 = Rp. 18.750,00$ . Dari keterangan tersebut maka upah operator dihitung berdasarkan Rumus 14 didapat Rp. 33.000,00/jam dan upah pembantu operator dihitung berdasarkan Rumus 15 didapat Rp. 18.750,00 /jam.

f) Biaya Operasional Total

Total biaya operasional alat berat (P) dihitung dengan rumus 16 diperoleh Rp. 169.565,55 /jam.

3) Biaya Sewa *Batching Plant*

Biaya sewa (S) didapat dari penambahan biaya pasti dan biaya operasional sesuai Rumus 4 diperoleh hasil sebesar Rp. 200.709,24 /jam.

3.4 Optimasi Jumlah Alat Berat

Perhitungan optimasi jumlah alat berat dibawah ini menggunakan contoh perhitungan pada alternatif 1. Dan sebelum melakukan optimasi perlu untuk menginterpretasikan permasalahan kedalam program linier dalam bentuk variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala, yaitu sebagai berikut:

1) Variabel Keputusan

Dalam hal ini yang menjadi variabel keputusannya adalah jumlah alat berat yang digunakan untuk penyediaan beton *ready mix* pada pekerjaan dengan perkerasan kaku, yaitu:

$X_1$  = Jumlah Unit *Batching Plant* tipe HZS25

$X_2$  = Jumlah Unit *Wheel Loader*

$X_3$  = Jumlah Unit *Truck Mixer*

2) Fungsi Tujuan

Tujuannya adalah meminimalkan biaya penggunaan alat berat yang digunakan untuk penyediaan beton pada pekerjaan rehabilitasi jalan dengan perkerasan kaku. Dengan data-data berikut:  $C_1$  = Biaya Sewa *Batching Plant* tipe HZS25 = Rp. 200.709,24 /jam;  $C_2$  = Biaya Sewa *Wheel Loader* = Rp. 267.529,8 /jam;  $C_3$  = Biaya Sewa *Truck Mixer* = Rp. 509.462,4 /jam, maka fungsi tujuannya adalah:

$$Z_{min} = 200.709,24X_1 + 267.529,8X_2 + 509.462,4X_3 \quad (19)$$

3) Fungsi Kendala

a) Kendala Volume

Diketahui : Vol. Pekerjaan = 24.219,23 m<sup>3</sup>; Durasi

Pekerjaan = 133 hari x 8 jam/hari = 1064 jam;

Volume Pekerjaan/jam = (Volume Pekerjaan) / (Durasi Pekerjaan) = 22,762 m<sup>3</sup>/jam

Dengan produktivitas *Batching Plant* tipe HZS25 sebesar 25 m<sup>3</sup>/jam, produktivitas *Wheel Loader* sebesar 11,613 m<sup>3</sup>/jam, produktivitas *Truck Mixer* sebesar 2,242 m<sup>3</sup>/jam, maka bentuk fungsi kendalanya adalah:

$$25 X_1 \geq 22,762 \quad (20)$$

$$11,613 X_2 \geq 22,762 \quad (21)$$

$$2,242 X_3 \geq 22,762 \quad (22)$$

b) Kendala Jumlah Alat

Data yang diperlukan pada kendala jumlah adalah jumlah ketersediaan alat berat milik PT. Z selaku kontraktor pada proyek ini. Sehingga kendala jumlahnya sebagai berikut:

$$X_1 \leq 19 \quad (23)$$

$$X_2 \leq 30 \quad (24)$$

$$X_3 \leq 106 \quad (25)$$

c) Kendala Ketidaknegatifan

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0 \quad (26)$$

4) Hasil Analisa

Dengan diketahuinya persamaan 19 – 26, selanjutnya dibuat persamaan program linear sesuai aturan program LINDO 6.1 sebagai berikut:

Alternatif 1

$$MIN = 200709,24X_1 + 267529,8X_2 + 509462,4X_3 \quad (27)$$

Subject to:

$$25 X_1 \geq 22.762 \quad (28)$$

$$\begin{aligned}
 11.613 X_2 &\geq 22.762 & (29) \\
 2.242 X_3 &\geq 22.762 & (30) \\
 X_1 &\leq 19 & (31) \\
 X_2 &\leq 30 & (32) \\
 X_3 &\leq 106 & (33) \\
 X_1, X_2, X_3 &\geq 0 & (34)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil optimasi diperoleh jumlah alat berat yang optimum untuk alternatif 1, yaitu

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 0,910 \approx 1 \text{ unit} \\
 X_2 &= 1,960 \approx 2 \text{ unit} \\
 X_3 &= 10,152 \approx 11 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

#### Alternatif 2

$$\text{MIN} = 300755.06X_1 + 267529.8X_2 + 572674.51X_3 \quad (35)$$

Subject to:

$$\begin{aligned}
 35 X_1 &\geq 22.762 & (36) \\
 11.613 X_2 &\geq 22.762 & (37) \\
 2.329 X_3 &\geq 22.762 & (38) \\
 X_1 &\leq 19 & (39) \\
 X_2 &\leq 30 & (40) \\
 X_3 &\leq 106 & (41) \\
 X_1, X_2, X_3 &\geq 0 & (42)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil optimasi diperoleh jumlah alat berat yang optimum untuk alternatif 2, yaitu

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 0,910 \approx 1 \text{ unit} \\
 X_2 &= 1,960 \approx 2 \text{ unit} \\
 X_3 &= 9,772 \approx 10 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

#### Alternatif 3

a) Fungsi Tujuan

$$\text{MIN} = 482030.31X_1 + 267529.8X_2 + 572674.51X_3 \quad (43)$$

Subject to:

$$\begin{aligned}
 25 X_1 &\geq 22.762 & (44) \\
 11.613 X_2 &\geq 22.762 & (45) \\
 2.429 X_3 &\geq 22.762 & (46) \\
 X_1 &\leq 19 & (47) \\
 X_2 &\leq 30 & (48) \\
 X_3 &\leq 106 & (49) \\
 X_1, X_2, X_3 &\geq 0 & (50)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil optimasi diperoleh jumlah alat berat yang optimum untuk alternatif 3, yaitu

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 0,910 \approx 1 \text{ unit} \\
 X_2 &= 1,960 \approx 2 \text{ unit} \\
 X_3 &= 9,327 \approx 10 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Setelah perhitungan jumlah kebutuhan dan biaya sewa per jam jumlah kebutuhan alat diketahui, maka selanjutnya dihitung total harga sewa per jam nya pada

setiap alternatif dengan rumus 17 yang lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Biaya untuk Masing - Masing Alternatif**

No	Alternatif	Nama Alat Berat	Jumlah	Total Harga Sewa
1		Batching Plant (BP) HZS90	1	
2	0	Wheel Loader	2	Rp. 7.316.509,46
3		Truck Mixer	11	
4		BP HZS25	1	
5	1	Wheel Loader	2	Rp. 7.035.188,39
6		Truck Mixer	11	
7		BP HZS35	1	
8	2	Wheel Loader	2	Rp. 6.562.559,70
9		Truck Mixer	10	
10		BP HZS90	1	
11	3	Wheel Loader	2	Rp. 6.743.834,95
12		Truck Mixer	10	

Sumber: Hasil Perhitungan

Seperti yang sudah terlihat pada Tabel 2 maka alternatif yang optimum adalah alternatif 2 dengan 1 unit *Batching Plant* dengan produktivitas 35 m<sup>3</sup>/jam dan dibantu dengan 2 unit *Wheel Loader* dan 10 unit *Truck Mixer* dengan biaya optimum sebesar Rp. 6.562.559,70.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan Optimasi *Batching Plant* pada Proyek Rehabilitasi Jalan A – B – C – D – E diperoleh kesimpulan bahwa jumlah *batching plant* yang optimum adalah sebanyak 1 unit dengan kapasitas produksi 35 m<sup>3</sup>/jam dan dibantu dengan 2 unit *wheel loader* dan 10 unit *truck mixer* dengan biaya optimum sebesar Rp. 6.562.559,70.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, *Produksi dan Pengangkutan Campuran Beton*, Modul 4. 2017.
- [2] Peraturan Menteri PUPR, *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. 2022.
- [3] Zulyadaeni, *Program Linear*. Yogyakarta: Tangga Ilmu, 2016.