

Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat untuk Pekerjaan Pengangkutan dan Penimbunan pada Proyek *Grand Island* Surabaya dengan Program Linier

Qariatullailiyah dan Retno Indryani

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: retno_i@ce.its.ac.id

Abstrak—Proyek *Grand Island* adalah salah satu proyek kawasan perumahan yang terdapat di dalam area Pakuwon *city*. Proyek ini memiliki luas 1.550.267,97 m² atau sekitar 155 ha. Sebelumnya kawasan tersebut merupakan area hutan bakau dan tambak. Untuk mencapai elevasi yang sesuai dengan perencanaan maka di area tersebut perlu dilakukan penimbunan material. Material yang digunakan untuk penimbunan antara lain kapur, sirtu dan paras. Dalam pelaksanaan penimbunan diperlukan beberapa alat berat agar pelaksanaan dapat selesai sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Penggunaan alat berat harus dianalisa agar optimal, yaitu mencapai biaya minimum tanpa mengabaikan target waktu pelaksanaan pekerjaan. Metode yang digunakan untuk memperoleh biaya minimum adalah program linier. Biaya yang akan dihitung adalah biaya pengangkutan dan biaya penimbunan. Sebagai variabel keputusan adalah jumlah jam operasional pemakaian alat berat. Kendala yang diperhitungkan adalah kendala waktu, kendala sewa alat berat, kendala waktu penyelesaian pekerjaan dan kendala volume. Berdasarkan analisa perhitungan, biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan kapur adalah Rp. 61.411.547.565,94, untuk pekerjaan pengangkutan sirtu adalah Rp. 72.998.010.635,29, dan untuk pekerjaan pengangkutan paras adalah Rp. 66.448.466.086,83. Untuk pekerjaan penimbunan biaya minimum yang dibutuhkan adalah Rp. 8.271.827.597,23.

Kata Kunci—Alat berat, metode simpleks, optimasi, program linier.

I. PENDAHULUAN

PROYEK *Grand Island* memiliki beberapa pekerjaan yang membutuhkan alat berat dalam proses pelaksanaan, misalnya pada pekerjaan pengangkutan dan penimbunan. Proses pekerjaan penimbunan material pada luas area yang cukup besar tersebut membutuhkan beberapa alat berat untuk menunjang efektivitas pekerjaan. Masing-masing dari alat berat memiliki beberapa tipe, dimana antara tipe satu dengan tipe yang lain memiliki kapasitas dan biaya sewa yang berbeda-beda. Penggunaan alat berat pada pelaksanaan harus diperhitungkan agar penggunaannya dapat optimal, yaitu mencapai biaya minimum tanpa mengabaikan target waktu pelaksanaan pekerjaan.

Adapun dalam menentukan biaya minimum dapat dianalisa dengan teknik pemrograman matematik, salah

satunya dengan program linier yang menggunakan metode simpleks. Teknik ini sangat berguna dalam pencarian solusi terbaik suatu fungsi dengan lebih dari dua variabel di bawah kendala yang ada.

Program linier merupakan metode matematik yang mengalokasi sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya [1]. Sedangkan metode simpleks yaitu suatu prosedur matematik untuk mencari solusi optimal dari suatu masalah pemrograman linier yang didasarkan pada proses iterasi [2]. Untuk menggambarkan masalah atau kendala serta tujuannya, maka terlebih dahulu dibuat model matematis sebagai alat bantu dalam menganalisa keputusan.

Adapun tujuan yang ingin dicapai yaitu dapat menentukan biaya minimum penggunaan alat berat pada pekerjaan pengangkutan dan penimbunan material pada Proyek *Grand Island* dengan menggunakan program linear metode simpleks.

II. METODE PENELITIAN

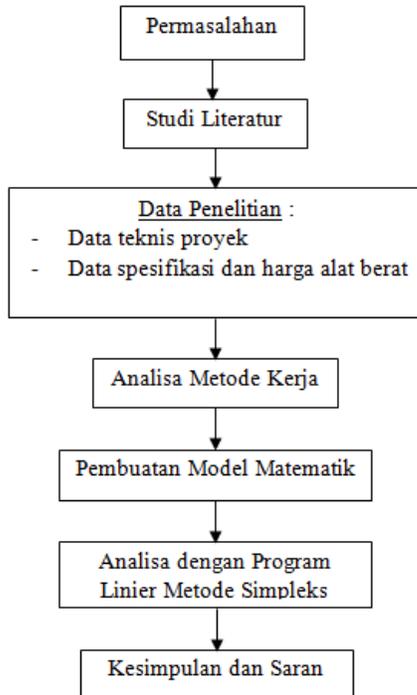
Analisa data dikerjakan dengan program linier metode simpleks. Sebelum analisa dilakukan, dibuat terlebih dahulu model penelitian berupa model matematik. Pembuatan model matematik didapatkan berdasarkan formulasi permasalahan yang kemudian dibentuk dengan lebih ringkas dan secara matematik berupa fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Analisa dilakukan dengan memasukkan model matematik yang telah dibentuk sebelumnya berupa fungsi kendala dan fungsi tujuan ke dalam tabel. Kemudian dilakukan proses iterasi pada perhitungan manual, atau dapat langsung mendapatkan hasil dengan menggunakan program bantu analisa manajemen. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

A. Pekerjaan Pengangkutan

Metode Kerja Pengangkutan

File Metode pekerjaan pengangkutan material pada proyek *Grand Island* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Data Alat Berat Dump truck

| Keterangan | DT 7m ³ | DT 9m ³ | DT 15m ³ | DT 25m ³ |
|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Kapasitas Truk | 7 m ³ | 9 m ³ | 15 m ³ | 25 m ³ |
| Ukuran bak truk | 3.8m x 2m x 0,9m | 4m x 2m x 1,3m | 4,5m x 2,3m x 1,5m | 6m x 2,5m x 1,5m |
| Biaya sewa alat berat/jam | Rp. 80.000 /jam | Rp. 100.000/jam | Rp. 125.000/jam | Rp. 150.000/jam |
| Kebutuhan solar/jam | 6 liter/jam | 6 liter/jam | 7,5 liter/jam | 9,6 liter/jam |

Tabel 2. Produktivitas Dump truck

| Tipe Truk | | Kapur | Sirtu | Paras |
|----------------------|--|--------|--------|--------|
| DT 7 m ³ | Jumlah DT (unit) | 112 | 297 | 102 |
| | Produktivitas DT (m ³ /jam) | 361.72 | 319.77 | 321.21 |
| DT 9 m ³ | Jumlah DT (unit) | 90 | 223 | 77 |
| | Produktivitas DT (m ³ /jam) | 373.71 | 308.70 | 311.77 |
| DT 15 m ³ | Jumlah DT (unit) | 56 | 141 | 49 |
| | Produktivitas DT (m ³ /jam) | 387.56 | 325.31 | 330.66 |
| DT 25 m ³ | Jumlah DT (unit) | 34 | 84 | 29 |
| | Produktivitas DT (m ³ /jam) | 392.17 | 323.01 | 326.16 |

Tabel 3. Biaya Dump truck

| Biaya | DT 7m ³ | DT 9m ³ | DT 15m ³ | DT 25m ³ |
|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Biaya sewa alat berat/jam | Rp. 80.000 /jam | Rp. 100.000/jam | Rp. 125.000/jam | Rp. 150.000/jam |
| Biaya operator | Rp. 18.750 /jam | Rp. 18.750 /jam | Rp. 18.750 /jam | Rp. 18.750 /jam |
| Efisiensi pemakaian | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Biaya bahan bakar | (6/0,8)x 11.000 = Rp. 82.500/jam | (6/0,8)x 11.000 = Rp. 82.500/jam | (7,5/0,8)x 11.000 = Rp. 103.250/jam | (9,6/0,8)x 11.000 = Rp. 125.000/jam |
| Biaya Total | Rp. 181.250 | Rp. 201.250 | Rp. 246.875 | Rp. 286.750 |

- Melakukan penggalian material pada area pegunungan dengan menggunakan *excavator*. Penggalian dilaksanakan dengan langsung memuat hasil galian kedalam bak truk hingga penuh.
- Melakukan pengangkutan material penimbun dari lokasi penggalian material menuju proyek.
- Melakukan pengecekan volume tanah yang diangkut pada sebuah bangunan pengawasan. Pengecekan dilakukan dengan mencatat waktu datang, mengukur ketinggian material pada setiap bak truk, dimana pada bangunan pengawasan telah memiliki data ukuran masing-masing truk.
- Melakukan pembuangan material dengan menumpahkan pada sisi area yang akan ditimbun.
- Truk yang telah membuang tanah kembali menuju lokasi penggalian tanah untuk pengisian tanah kembali.

Data alat berat, produktivitas dan biaya dump truck dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Model Matematis Pengangkutan Material Kapur

1. Variabel Keputusan

Variabel yang dibentuk adalah :

- X₁ = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 7 m³
- X₂ = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 9 m³
- X₃ = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 15 m³
- X₄ = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 25 m³

2. Fungsi Tujuan

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas *dump truck*, maka pada pengangkutan material kapur dibutuhkan perjamnya 112 unit untuk *dump truck* 7m³, 90 unit untuk *dump truck* 9 m³, 56 unit untuk *dump truck* 15 m³, 34 unit untuk *dump truck* 25 m³. Biaya perjam dumptruck dapat dilihat pada Tabel 3.

Maka bentuk persamaan dari fungsi tujuan adalah:
 Minimalkan Z = 20.300.000,00X₁ + 18.112.500,00X₂ + 13.825.000,00X₃ + 10.225.500,00X₄

Dimana :

- C₁ = biaya sewa 112 *dump truck* 7m³ sebesar Rp. 20.300.000,00
- C₂ = biaya sewa 90 *dump truck* 9m³ sebesar Rp. 18.112.500,00
- C₃ = biaya sewa 56 *dump truck* 15m³ sebesar Rp. 13.825.000,00
- C₄ = biaya sewa 34 *dump truck* 25m³ sebesar Rp. 10.225.500,00

3. Fungsi Kendala

a. Kendala Waktu Sewa Alat

Kendala waktu sewa alat didapat dari masa sewa minimum masing-masing *Dump truck* yang pemakaiannya dibatasi harus lebih dari atau sama dengan 210 jam.

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah:

X₁ ≥ 210 jam, X₂ ≥ 210 jam, X₃ ≥ 210 jam, X₄ ≥ 210 jam

Dimana: X_i = jam operasional *dump truck* tipe i (jam)

b. Kendala Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Kendala waktu penyelesaian pekerjaan didapat dari jam operasional masing-masing *dump truck* dibatasi oleh waktu maksimum untuk menyelesaikan pekerjaan pengangkutan kapur berdasarkan jadwal pelaksanaan pekerjaan proyek. Pekerjaan ini direncanakan harus selesai dalam waktu 403 hari atau sekitar 9.672 jam. Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 9.672 \text{ jam}$$

Dimana : X_i = jam operasional *dump truck* tipe i (jam)

c. Kendala Volume

Kendala volume didapat dari produktivitas yang dicapai pada masing-masing tipe *dump truck* dikali dengan jumlah *dump truck* sehingga mendapatkan produktivitas perjam. Nilai pembatas pada volume didapat dari volume total masing-masing material pada pekerjaan penimbunan. Volume total untuk pengangkutan kapur yaitu 2.170.375,16 m³.

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$361,72 X_1 + 373,71 X_2 + 387,56 X_3 + 392,17 X_4 \geq 2.170.375,16 \text{ m}^3$$

d. Kendala Ketidaknegatifan

Kendala ketidaknegatifan mewakili jumlah jam operasional alat berat yang tidak mungkin negatif (minimal nol).

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

A.2. Model Matematis Pengangkutan Material Sirtu

1. Variabel Keputusan

Variabel yang dibentuk adalah :

- X_1 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 7 m³
- X_2 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 9 m³
- X_3 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 15 m³
- X_4 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 25 m³

2. Fungsi Tujuan

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas *dump truck*, maka pada pengangkutan material sirtu dibutuhkan perjamnya 297 unit untuk *dump truck* 7m³, 223 unit untuk *dump truck* 9 m³, 141 unit untuk *dump truck* 15 m³, 84 unit untuk *dump truck* 25 m³. Biaya perjam dumptruck dapat dilihat pada Tabel 3.

Maka bentuk persamaan dari fungsi tujuan adalah :

$$\text{Minimalkan } Z = 53.831.250,00X_1 + 44.878.750,00X_2 + 34.809.375,00X_3 + 25.263.000,00X_4$$

Dimana :

- C_1 = biaya sewa 297 *dump truck* 7m³ sebesar Rp. 53.831.250,00
- C_2 = biaya sewa 223 *dump truck* 9m³ sebesar Rp. 44.878.750,00
- C_3 = biaya sewa 141 *dump truck* 15m³ sebesar Rp. 34.809.375,00
- C_4 = biaya sewa 84 *dump truck* 25m³ sebesar Rp. 25.263.000,00

3. Fungsi Kendala

a. Kendala Waktu Sewa Alat

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$X_1 \geq 210 \text{ jam}$$

$$X_2 \geq 210 \text{ jam}$$

$$X_3 \geq 210 \text{ jam}$$

$$X_4 \geq 210 \text{ jam}$$

Dimana : X_i = jam operasional *dump truck* tipe i (jam)

b. Kendala Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Pekerjaan ini direncanakan harus selesai dalam waktu 136 hari atau sekitar 3.264 jam.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 3.264 \text{ jam}$$

Dimana : X_i = jam operasional *dump truck* tipe i (jam)

c. Kendala Volume

Volume total untuk pengangkutan sirtu yaitu 775.133,99 m³. Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$319,77 X_1 + 308,70 X_2 + 325,31 X_3 + 323,01 X_4 \geq 775.133,99 \text{ m}^3$$

d. Kendala Ketidaknegatifan

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

Model Matematis Pengangkutan Material Paras

1. Variabel Keputusan

Variabel yang dibentuk adalah :

- X_1 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 7 m³
- X_2 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 9 m³
- X_3 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 15 m³
- X_4 = jumlah jam operasional pemakaian *dump truck* 25 m³

2. Fungsi Tujuan

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas *dump truck*, maka pada pengangkutan material paras dibutuhkan perjamnya 102 unit untuk *dump truck* 7m³, 77 unit untuk *dump truck* 9 m³, 49 unit untuk *dump truck* 15 m³, 29 unit untuk *dump truck* 25 m³. Biaya perjam dumptruck dapat dilihat pada Tabel 3.

Maka bentuk persamaan dari fungsi tujuan adalah :

$$\text{Minimalkan } Z = 18.847.500,00X_1 + 15.496.250,00X_2 + 12.096.875,00X_3 + 8.721.750,00X_4$$

Dimana :

- C_1 = biaya sewa 102 *dump truck* 7m³ sebesar Rp. 18.847.500,00
- C_2 = biaya sewa 77 *dump truck* 9m³ sebesar Rp. 15.496.250,00
- C_3 = biaya sewa 49 *dump truck* 15m³ sebesar Rp. 12.096.875,00
- C_4 = biaya sewa 29 *dump truck* 25m³ sebesar Rp. 8.721.750,00

3. Fungsi Kendala

a. Kendala Waktu Sewa Alat

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$X_1 \geq 210 \text{ jam}$$

$$X_2 \geq 210 \text{ jam}$$

$$X_3 \geq 210 \text{ jam}$$

$$X_4 \geq 210 \text{ jam}$$

Dimana : X_i = jam operasional *dump truck* tipe i (jam)

b. Kendala Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Pekerjaan ini direncanakan harus selesai dalam waktu 405 hari atau sekitar 9.720 jam.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 9.720 \text{ jam}$$

Dimana : X_i = jam operasional *dump truck* tipe i (jam)

c. Kendala Volume

Volume total untuk pengangkutan paras adalah 2.325.401,96 m³. Maka bentuk pertidaksamaannya adalah : $321,21 X_1 + 311,77 X_2 + 330,66 X_3 + 326,16 X_4 \geq 2.325.401,96 \text{ m}^3$

d. Kendala Ketidaknegatifan

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah : $X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$

Hasil Analisa Pekerjaan Pengangkutan

Berdasarkan hasil analisa dari program analisa manajemen yang dapat menyelesaikan program linier, maka hasil yang di dapat adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Pengangkutan Kapur

Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan kapur adalah Rp. 61.411.547.565,94 dengan menggunakan 210 jam *dump truck* 7 m³, 210 jam *dump truck* 9 m³, 210 jam *dump truck* 15 m³ dan 4.932,93 jam *dump truck* 25 m³.

b. Pekerjaan Pengangkutan Sirtu

Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan sirtu adalah Rp. 72.998.010.635,29 dengan menggunakan 210 jam *dump truck* 7 m³, 210 jam *dump truck* 9 m³, 210 jam *dump truck* 15 m³ dan 1779.636 jam *dump truck* 25 m³.

c. Pekerjaan Pengangkutan Paras

Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan paras adalah Rp 66.448.466.086,83 dengan menggunakan 210 jam *dump truck* 7 m³, 210 jam *dump truck* 9 m³, 210 jam *dump truck* 15 m³ dan 6509.191 jam *dump truck* 25 m³.

B. Pekerjaan Penimbunan

Metode Kerja Penimbunan

Metode pekerjaan penimbunan pada proyek *Grand Island* adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan lantai kerja dengan menimbun tambak sebagai kondisi awal. Elevasi eksisting rata-rata adalah +1,8 meter. Penimbunan dengan kapur dilakukan hingga mencapai elevasi rencana yaitu +3,2 meter.
2. Melakukan pekerjaan persiapan penginstalan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) dengan melakukan penandaan pada titik-titik yang akan dipancang. Penandaan titik-titik tersebut dilakukan dengan menempelkan pelat-pelat baja berukuran kecil ke permukaan tanah dengan jarak 1,5 meter antar baris dan 1,75 meter antar kolom

Tabel 4.

Data Alat Berat *Bulldozer*

| Tipe Bulldozer | D21P | D31PX | D37PX |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Kapasitas Blade | 0,89 m ³ | 1,83 m ³ | 2,24 m ³ |
| Biaya Sewa alat berat/jam | Rp. 110.000/jam | Rp. 120.000/jam | Rp. 130.000/jam |
| Kebutuhan solar/jam | 8,75 liter/jam | 12,5 liter/jam | 12,5 liter/jam |

Tabel 5.

Produktivitas *Bulldozer*

| Tipe Bulldozer | Kapasitas Blade (m ³) | Produktivitas (m ³ /jam) |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| D21P | 0,89 | 73,09 |
| D31PX | 1,83 | 150,30 |
| D37PX | 2,24 | 183,97 |
| D65PX | 4,42 | 363,01 |

Tabel 6.

Biaya *Bulldozer*

| Biaya | D21P | D31PX | D37PX |
|---------------------------|---|---|---|
| Biaya sewa alat berat/jam | Rp. 110.000 /jam | Rp. 120.000 /jam | Rp. 130.000 /jam |
| Biaya operator | Rp. 18.750 /jam | Rp. 18.750 /jam | Rp. 18.750 /jam |
| Efisiensi pemakaian | 0,75 | 0,8 | 0,8 |
| Biaya bahan bakar | (10/0,75) x 11.000 = Rp. 146.666,67/jam | (12,5/0,75) x 11.000 = Rp. 183.333,33/jam | (12,5/0,75) x 11.000 = Rp. 183.333,33/jam |
| Biaya Total | Rp. 275.416,67 | Rp. 322.083,33 | Rp. 332.083,33 |

3. Melakukan penginstalan PVD dengan memancang geotextile sedalam 17 meter pada setiap titik dengan menggunakan alat *hydraulic rig*.
4. Melakukan penimbunan sirtu setebal ± 50 cm dari elevasi +3,2 meter hingga elevasi +3,7 meter.
5. Melakukan penimbunan paras setebal ±1,5 meter dari elevasi +3,7 meter hingga elevasi +5,2 meter.
6. Melakukan pekerjaan pemindahan tanah (*removal*) setebal ± 1 meter ke proyek lain.

Data alat berat, produktivitas dan biaya *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Model Matematis Pekerjaan Penimbunan

1. Variabel Keputusan

Variabel yang dibentuk adalah:

- Y_1 = jumlah jam operasional pemakaian *bulldozer* D21P
- Y_2 = jumlah jam operasional pemakaian *bulldozer* D31PX
- Y_3 = jumlah jam operasional pemakaian *bulldozer* D37PX
- Y_4 = jumlah jam operasional pemakaian *bulldozer* D25PX

2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan yang dibentuk untuk mengetahui minimal biaya yang dikeluarkan pada pekerjaan penimbunan.

Maka bentuk persamaan dari fungsi tujuan adalah :

$$\text{Minimalkan } Z = 275.416,67Y_1 + 322.083,33Y_2 + 332.083,33Y_3 + 565.416,67Y_4$$

Dimana :

- C_1 = biaya sewa *bulldozer* D21P sebesar Rp. 275.416,67
- C_2 = biaya sewa *bulldozer* D31PX sebesar Rp. 322.083,33
- C_3 = biaya sewa *bulldozer* D37PX sebesar Rp. 332.083,33
- C_4 = biaya sewa *bulldozer* D65PX sebesar Rp. 565.416,67

3. Fungsi Kendala

a. Kendala Waktu Sewa Alat

Kendala waktu sewa alat didapat dari masa sewa minimum masing-masing *bulldozer* yang pemakaiannya dibatasi harus lebih dari atau sama dengan 210 jam.

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$Y_1 \geq 210 \text{ jam}$$

$$Y_2 \geq 210 \text{ jam}$$

$$Y_3 \geq 210 \text{ jam}$$

$$Y_4 \geq 210 \text{ jam}$$

Dimana : Y_i = jam operasional *bulldozer* tipe i (jam)

b. Kendala Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Kendala waktu penyelesaian pekerjaan didapat dari jam operasional masing-masing *bulldozer* dibatasi oleh waktu maksimum untuk menyelesaikan pekerjaan penimbunan berdasarkan jadwal pelaksanaan pekerjaan proyek. Pekerjaan ini direncanakan harus selesai dalam waktu 628 hari atau sekitar 15.072 jam. Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \leq 15.072 \text{ jam}$$

Dimana : Y_i = jam operasional *bulldozer* tipe i (jam)

c. Kendala Volume

Kendala volume didapat dari produktivitas yang dicapai pada masing-masing tipe alat. Nilai pembatas pada volume didapat dari volume total pekerjaan penimbunan yaitu 5.270.911,10 m³.

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$73,09Y_1 + 150,30Y_2 + 183,97Y_3 + 363,01Y_4 \geq 5.270.911,10 \text{ m}^3$$

d. Kendala Ketidaknegatifan

Kendala ketidaknegatifan mewakili jumlah jam operasional alat berat yang tidak mungkin negatif (minimal nol).

Maka bentuk pertidaksamaannya adalah :

$$Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 \geq 0$$

Hasil Analisa Pekerjaan Pengangkutan

Berdasarkan hasil analisa dari program analisa manajemen yang dapat menyelesaikan program linier, maka hasil yang di dapat adalah : Biaya minimum yang dapat dikeluarkan untuk pekerjaan penimbunan adalah Rp. 8,271,827,597.23 dengan menggunakan 210 jam *bulldozer* D21P, 210 jam *bulldozer* D31PX, 210 jam *bulldozer* D37PX dan 14.284.36jam D25PX

III. KESIMPULAN

Berdasarkan data-data dan perhitungan dari bab-bab sebelumnya, maka biaya minimum yang dapat dikeluarkan untuk pekerjaan pengangkutan dan penimbunan pada proyek *Grand Island – Pakuwon City* adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Pengangkutan

a. Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan kapur adalah Rp. 61.411.547.565,94 dengan menggunakan 210 jam *dump truck* 7 m³, 210 jam *dump truck* 9 m³, 210 jam *dump truck* 15 m³ dan 4.932,93 jam *dump truck* 25 m³.

b. Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan sirtu adalah Rp. 72,998,010,635.29 dengan menggunakan 210 jam *dump truck* 7 m³, 210 jam *dump truck* 9 m³, 210 jam *dump truck* 15 m³ dan 1779.636 jam *dump truck* 25 m³.

c. Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengangkutan paras adalah Rp 66,448,466,086.83 dengan menggunakan 210 jam *dump truck* 7 m³, 210 jam *dump truck* 9 m³, 210 jam *dump truck* 15 m³ dan 6509.191 jam *dump truck* 25 m³.

2. Pekerjaan Penimbunan

Biaya minimum yang dibutuhkan untuk pekerjaan penimbunan adalah Rp. 8.271.827.597,23 dengan menggunakan 210 jam *bulldozer* D21P, 210 jam *bulldozer* D31PX, 210 jam *bulldozer* D37PX dan 14.284.36jam D25PX.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siringoringo. 2005. "Program Linier". Available: <http://kiayati.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/PROGRAM+LINIER.doc>.
- [2] Herjanto, E. 2012. "Pengertian Metode Simpleks". Available: <http://wartawarga.gunadarma.ac.id/2012/01/pengertian-metode-simpleks/>.