

## PENGARUH JENIS DAN SUSUNAN ARMADA ALAT BERAT PEKERJAAN TANAH TERHADAP OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU

**Nikko Rozy**

(Universitas Swadaya Gunung Jati)

### **Abstract**

#### **ABSTRACT**

*Jatigede project type is embankment, implementation earthwork dam body embankment is a very complex job because it contains a degree of uncertainty (uncertainty) is very high, so it can not ensure the implementation can be run without any changes or deviations from the plan. Dam body embankment specifically designed in accordance with the conditions of the location and availability of construction materials in the location. Elevasi lighthouse dam: El. +265, Dam length: 1715m, dam lighthouse Width: 12m, Height maximum dam: 110 m, Volume heap: 6,700. 000 m<sup>3</sup>.*

*Earthworks (cut and fill) on the dam body requires planning field (site layout) are appropriate for the smooth progress of construction projects. Field projects play an important role in the selection of the type and composition of the selection of tools and construction methods to be used. Implementation of cut and fill work on the review in three area: borrow area, quarry and crusher.*

*Results using linear programming optimization method with the help of software POM-QM, is as follows: (1) The type and arrangement of heavy equipment used in the borrow area are: 1 CAT 320 excavator (2.3 m<sup>3</sup>) and 8 DT 15 m<sup>3</sup> and 2 excavator PC200 (0.8 m<sup>3</sup>) and 13 DT 7m<sup>3</sup>. (2) The type and arrangement of heavy equipment used in the crusher are: 1 wheel loader CAT428 (2.50 m<sup>3</sup>) and 2 DT 20m<sup>3</sup>. (3) The type and arrangement of heavy equipment used in quarry area is: 1 excavator FS6090 (52 m<sup>3</sup>) and 2 DT TR100 (57 m<sup>3</sup>) and (4) the total operational costs are minimized at the excavation and embankment dam embankment dam body Jatigede are: Rp.82.747.800, - + Rp.74.326.000, - Rp.462.797.800,- =Rp.619.871.600,-.*

**Key word** : Earthmoving equipment, optimization, linear programming.

### **ABSTRAK**

*Proyek pembangunan bendungan Jatigede merupakan bendungan tipe urugan, pelaksanaan pekerjaan tanah sebagai tubuh bendungan tipe urugan merupakan pekerjaan yang sangat kompleks karena mengandung tingkat ketidakpastian (uncertainty) yang sangat tinggi, sehingga tidak dapat menjamin pelaksanaan dapat berjalan tanpa adanya perubahan atau penyimpangan terhadap rencana. Bendungan tipe urugan di desain secara spesifik sesuai dengan kondisi lokasi dan ketersediaan material konstruksi dilokasi bendungan. Elevasi mercu bendungan :El.+265, Panjang bendungan:1715m, Lebar mercu bendungan:12m, Tinggi bendungan maksimum:110 m, Volume timbunan : 6.700.000 m<sup>3</sup>.*

*Pekerjaan tanah (cut and fill) pada tubuh bendungan memerlukan perencanaan lapangan (site layout) yang tepat bagi kelancaran kemajuan proyek konstruksi. Lapangan*

proyek memainkan peranan penting dalam hal pemilihan jenis dan susunan alat dan pemilihan metode pelaksanaan konstruksi yang akan digunakan. Pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan di tinjau di 3 (tiga) tempat pekerjaan yaitu : borrow area, quarry dan crusher.

Hasil metode optimasi menggunakan linier programing dengan bantuan software POM-QM, adalah sebagai berikut ; (1) Jenis dan susunan alat berat yang digunakan di borrow area adalah : 1 excavator CAT 320( $2,3m^3$ ) dan 8 DT 15  $m^3$  dan 2 excavator PC200 ( $0,8m^3$ ) dan 13 DT  $7m^3$ . (2) Jenis dan susunan alat berat yang digunakan di crusher adalah : 1 wheel loader CAT428 ( $2,50m^3$ ) dan 2 DT  $20m^3$ . (3) Jenis dan susunan alat berat yang digunakan di quarry area adalah : 1 excavator FS6090 ( $52 m^3$ ) dan 2 DT TR100 ( $57 m^3$ ) dan (4) Biaya total operasional yang diminimalkan pada pekerjaan galian dan timbunan dam body embankment bendungan Jatigede adalah : Rp.82.747.800,- + Rp.74.326.000,- + Rp.462.797.800,- = Rp. 619.871.600,-.

Kata kunci : Pemilihan alat, optimasi, linier programming.

---

## Pendahuluan

Proyek pembangunan bendungan Jatigede merupakan bendungan tipe urugan, pelaksanaan pekerjaan tanah sebagai tubuh bendungan tipe urugan merupakan pekerjaan yang sangat kompleks karena mengandung tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) yang sangat tinggi, sehingga tidak dapat menjamin pelaksanaan dapat berjalan tanpa adanya perubahan atau penyimpangan terhadap rencana.

Di dalam pekerjaan tanah ada 4 (empat) sumber daya yang digunakan yaitu : manusia, modal, material dan peralatan (Haryanto,2003). Besar kecilnya kontribusi dari ke-empat sumber daya tersebut tergantung kepada jenis proyek, besar kecilnya proyek dan lokasi proyek. Untuk mencapai keberhasilan proyek diperlukan manajemen yang baik terhadap sumber daya

tersebut (Hendra Satria dkk,2012).

Pengukuran output dan input pada pekerjaan tanah dapat dilihat salah satunya dari produktivitas sumber daya peralatan.

Bendungan tipe urugan di desain secara spesifik sesuai dengan kondisi lokasi dan ketersediaan material konstruksi dilokasi bendungan. Pekerjaan tanah (*cut and fill*) pada tubuh bendungan memerlukan perencanaan lapangan (*site layout*) yang tepat bagi kelancaran kemajuan proyek konstruksi. Lapangan proyek memainkan peranan penting dalam hal pemilihan tipe alat dan pemilihan metode pelaksanaan konstruksi yang akan digunakan (Kajewski, 1995).

Hal ini menyebabkan biaya pekerjaan dapat berubah-ubah. Perubahan biaya dalam pelaksanaan pekerjaan tanah (*cut and fill*) pada tubuh bendungan tipe urugan

diantaranya ; (a) Karakter dan geografis, (b) Efeknya terhadap apa yang akan dibangun, (c) Halangan pada bagian atas dan bagian bawah permukaan, (d) Kondisi daerah batas lapangan, (e) Daerah lapangan (areal konstruksi, areal akomodasi, areal *loading off-loading* dan areal penyimpanan) dan (f) Cuaca setempat (pengetahuan yang cukup mengenai kondisi cuaca setempat sangat penting karena perencanaan pemilihan metode pelaksanaan konstruksi dalam keterlambatan karena cuaca).

Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jenis dan susunan alat berat yang optimal, pada pelaksanaannya diharapkan perencanaan biaya, perencanaan waktu, perencanaan metode dan perencanaan sumber daya lainnya dapat dilakukan dengan lebih tepat.

Sasaran tersebut dapat diwujudkan melalui tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui jenis dan susunan alat berat yang optimal untuk pekerjaan tanah terhadap optimasi biaya dan waktu.
2. Menentukan biaya pengeluaran yang paling minimal dalam penentuan jenis dan susunan alat berat yang akan digunakan.
3. Dari jenis dan susunan alat berat yang telah dipilih akan ditentukan waktu operasi yang optimum sehingga dapat

meminimalkan biaya pengeluaran untuk pengoperasian alat.

Penelitian ini dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh *owner* atau kontraktor pelaksana dalam pemilihan susunan dan jenis alat berat, jumlah dan tipe alat berat yang tepat dalam setiap jenis pekerjaan terutama pekerjaan galian dan timbunan dengan volume yang besar dan kondisi lapangan serta material yang berbeda-beda.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada tahap pelaksanaan konstruksi, salah satu unsur biayanya adalah biaya penggunaan alat berat (*heavy equipment*). Penggunaan alat berat merupakan suatu keharusan, walaupun akan dibutuhkan pembiayaan yang cukup besar dalam pelaksanaannya. Dalam pelaksanaan konstruksi, akan banyak jumlah dan jenis alat berat yang digunakan. Jumlah dan jenis alat berat yang digunakan akan tergantung oleh beberapa faktor, antara lain adalah (Rostiyanti; 1999 dalam Fahan, 2005) :

- 1) Fungsi yang harus dilaksanakan  
Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain.
- 2) Kapasitas Peralatan  
Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas

alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan. Sebagai contoh untuk pekerjaan penggusuran tanah pada proyek konstruksi jalan dan gedung digunakan *bulldozer* tipe D31-D65 dengan kapasitas 131 HP – 165 HP.

3) Cara Operasi

Alat berat dipilih berdasarkan arah (horisontal maupun vertikal) dan gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan dan lain-lain.

4) Pembatasan dari Metode yang Dipakai

Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalulintas, biaya dan pembongkaran. Selain itu, metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.

5) Ekonomi

Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat.

6) Jenis Proyek

Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam dan sebagainya.

7) Lokasi Proyek

Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.

8) Jenis dan Daya Dukung Tanah

Jenis tanah di lokasi proyek dan material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras atau lembek.

9) Kondisi Lapangan

Kondisi dengan medan yang sulit dengan kondisi yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

Peralatan atau alat berat dalam pekerjaan sipil banyak berkaitan dengan pemindahan tanah (*earth moving*) dan segala aspek yang timbul dari peralatan yang digunakan untuk memindahkan tanah tersebut. Dalam hal pemindahan tanah ini selain memindahkan juga mengadakan pembentukan terhadap permukaan tanah yang baru sesuai kondisi fisik/teknis yang diinginkan. Diperlukan beberapa jenis peralatan dan metode yang sesuai untuk pembentukan permukaan tanah pada lokasi baru tersebut.

Karena pekerjaan ini berhubungan dengan tanah, batuan, vegetasi (pohon, semak belukar dan alang-alang) maka perlu

diketahui sifat tanah dan tipe galian tanah. Sifat fisik yang harus dihadapi alat berat akan berpengaruh dalam:

1. Menentukan jenis alat dan taksiran atau kapasitas produksi.
2. Perhitungan volume pekerjaan.
3. Kemampuan kerja alat pada kondisi material yang ada.

Apabila pemilihan jenis alat berat tidak sesuai dengan kondisi material dapat berakibat tidak efisiennya alat (*lost time*).

### **METODE PENELITIAN**

Metode utama dalam penelitian ini adalah menggunakan analisa data dengan metode liner programming. Sebelum analisa dilakukan dibuat terlebih dahulu model penelitian berupa model matematik. Pembuatan model matematik didasarkan pada formulasi permasalahan yang kemudian dibentuk dengan lebih ringkas dan secara matematik berupa : variable, fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Setelah model matematik terbentuk digunakan alat bantu *software* dalam penyelesaian perhitungan, *software* yang digunakan adalah POM-QM *for Windows*.

Sumber data dalam penelitian ini diambil dari Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Sumber Daya air SNVT Pembangunan Waduk Jatigede, kontraktor pelaksana di lapangan.

Data sekunder diperoleh dari data atau informasi yang diperoleh dari studi literatur, seperti buku-buku, jurnal, makalah, penelitian-penelitian sebelumnya, internet, dan lain-lain.

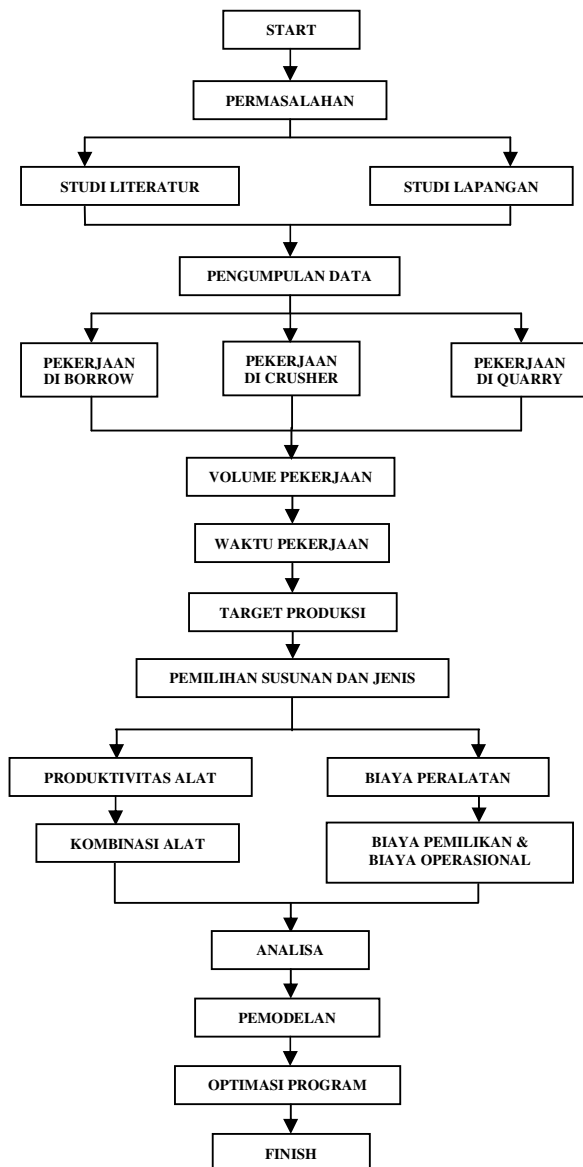
### **Model Program Linier**

Model ini merupakan alat bantu analisa keputusan, untuk memperoleh biaya pengeluaran paling minimal pada pengoperasian alat, pada pekerjaan galian dan urugan *dam body embankment*. Dalam pemcapaian biaya operasional minimal, diperlukan suatu komposisi dari jenis dan tipe alat berat yang akan digunakan untuk menyelesaikan volume pekerjaan dalam waktu yang telah ditentukan.

Untuk program linier integer sebagai program penyelesaian, pemodelan disusun sebagai berikut :

1. Fungsi tujuan yang meminimalkan biaya operasi pada kombinasi tipe alat.
2. Dalam penentuan komposisi alat yang akan digunakan, dibatasi oleh fungsi kendala sebagai berikut :
  - a. Kendala volume pekerjaan yang akan diselesaikan.
  - b. Kendala keterbatasan waktu pelaksanaan pekerjaan.

### Metode Penelitian



### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### Penentuan Susunan Alat Berat Optimum di Borrow Area

#### Variabel Keputusan (*variable*)

Variabel yang dibentuk :

$x_1$  = Waktu operasi 2 *excavator* PC200(0,8 m<sup>3</sup>) dan 13 DT 7 m<sup>3</sup>

$x_2$  = Waktu operasi 1 *excavator* PC300(1,6 m<sup>3</sup>) dan 6 DT 9 m<sup>3</sup>

$x_3$  = Waktu operasi 1 *excavator* CAT 320(2,3m<sup>3</sup>) dan 8 DT 15 m<sup>3</sup>

$x_4$  = Waktu operasi 1 *excavator* PC 400(2,93m<sup>3</sup>) dan 6 DT 20 m<sup>3</sup>

$x_5$  = Waktu operasi 1 *excavator* PC 400(3,3 m<sup>3</sup>) dan 7 DT 25 m<sup>3</sup>

#### Fungsi tujuan (*objective function*)

Fungsi tujuan pemodelan ini adalah untuk menentukan biaya yang paling minimal dari waktu operasi jenis dan susunan alat berat yang akan digunakan.

$$\text{Minimumkan : } Z = 2.341.750x_1 + 1.292.250x_2 + 1.954.750x_3 + 1.663.250x_4 + 2.066.000x_5$$

Keterangan :

$Z$  = Biaya operasi jenis dan susunan alat berat yang akan diminimalkan (Rp)

$x_n$  = Waktu operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (jam)

$C_n$  = Biaya operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (Rp/jam)

### Fungsi kendala (*constraint*)

#### 1. Kendala waktu sewa alat

Penyewaan alat minimum adalah 1 bulan = 26 hari kerja = 208 jam dalam sebulan.

$$x_1 \geq 208 \text{ jam}, x_2 \geq 208 \text{ jam}, x_3 \geq 208 \text{ jam}, \\ x_4 \geq 208 \text{ jam}, x_5 \geq 208 \text{ jam}$$

#### 2. Kendala volume pekerjaan

Kendala ini dimaksudkan agar waktu operasi jenis dan susunan alat berat dapat menyelesaikan volume pekerjaan yang telah tertentu.

$$4418,13x_1 + 2097x_2 + 2975,08x_3 + 2373,5x_4 \\ + 2709,7x_5 \geq 688.215,5$$

Keterangan :

$Q_n$  = Produktivitas susunan dan jenis alat berat tipe n ( $m^3$ /jam)

$x_n$  = Waktu operasi susunan dan jenis alat berat tipe n (jam)

$V_p$  = Volume masing-masing zona pekerjaan ( $m^3$ )

#### 3. Kendala waktu pelaksanaan maksimum

Setiap pelaksanaan pekerjaan mempunyai batas waktu tertentu.

$$x_1 \leq t_r, x_2 \leq t_r, x_3 \leq t_r, \dots, x_n \leq t_r$$

Keterangan :

$t_r$  = Waktu pelaksanaan pekerjaan maksimum (jam).

$$= 65 \text{ bulan} = 1.690 \text{ hari} = 13.520 \text{ jam}$$

#### Kendala ketidak negatifan (*non negative restriction*)

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

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$$

### 4.2 Penentuan Susunan Alat Berat Optimum di *Crusher*

#### A. Variabel Keputusan (*variable*)

Variabel yang dibentuk :

$x_1$  = Waktu operasi 1 *wheel loader* CAT920 ( $1,4m^3$ ) dan 2 DT  $7 m^3$

$x_2$  = Waktu operasi 1 *wheel loader* CAT926 ( $1,35m^3$ ) dan 2 DT  $9m^3$

$x_3$  = Waktu operasi 1 *wheel loader* WA350 ( $2m^3$ ) dan 2 DT  $15m^3$

$x_4$  = Waktu operasi 1 *wheel loader* CAT428  
 (2,50m<sup>3</sup>) dan 2 DT 20m<sup>3</sup>

$x_5$  = Waktu operasi 1 *wheel loader* CAT926  
 (3m<sup>3</sup>) dan 2 DT 25m<sup>3</sup>

### Fungsi Tujuan (*objective function*)

Fungsi tujuan pemodelan ini adalah untuk menentukan biaya yang paling minimal dari waktu operasi jenis dan susunan alat berat yang akan digunakan.

Minimumkan :  $Z = 703.250x_1 + 798.250x_2 + 870.250x_3 + 918.750x_4 + 969.750x_5$

Keterangan :

$Z$  = Biaya operasi jenis dan susunan alat berat yang akan diminimalkan (Rp)

$x_n$  = Waktu operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (jam)

$C_n$  = Biaya operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (Rp/jam)

### Fungsi kendala (*constraint*)

#### 1. Kendala waktu sewa alat

Penyewaan alat minimum adalah 208 jam dalam sebulan

$x_1 \geq 208$  jam,  $x_2 \geq 208$  jam,  $x_3 \geq 208$  jam, ...,  $x_n \geq 208$  jam

#### 2. Kendala volume pekerjaan

Kendala ini dimaksudkan agar waktu operasi jenis dan susunan alat berat dapat

menyelesaikan volume pekerjaan yang telah tertentu.

$319,90 x_1 + 359,62 x_2 + 574,53x_3 + 744,66 x_4 + 643,58 x_5 \geq 4.112.813 \text{ m}^3$

Keterangan :

$Q_n$  = Kapasitas produksi per jam jenis dan susunan alat berat tipe n (m<sup>3</sup>/jam)

$x_n$  = Waktu operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (jam)

$V_p$  = Volume masing-masing zona pekerjaan (m<sup>3</sup>)

### 3. Kendala waktu pelaksanaan maksimum

Setiap pelaksanaan pekerjaan mempunyai batas waktu tertentu. Batas pelaksanaan pekerjaan selama 65 bulan = 13.520 jam

$x_1 \leq t_r, x_2 \leq t_r, x_3 \leq t_r, \dots, x_n \leq t_r$

Keterangan :

$t_r$  = Waktu pelaksanaan pekerjaan maksimum (jam).

### Kendala ketidak negatipan (*non negative restriction*)

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

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$



## Penentuan Susunan Alat Berat Optimum di Quarry

### Variabel Keputusan (*variable*)

Variabel yang dibentuk :

$x_1$  = Waktu operasi 1 *excavator* FS6030 (16,5 m<sup>3</sup>) dan 2 DT TR35 (19,5m<sup>3</sup>)

$x_2$  = Waktu operasi 1 *excavator* FS6040 (22 m<sup>3</sup>) dan 2 DT TR45 (26 m<sup>3</sup>)

$x_3$  = Waktu operasi 1 *excavator* FS6050 (28m<sup>3</sup>) dan 2 DT TR60 (35 m<sup>3</sup>)

$x_4$  = Waktu operasi 1 *excavator* FS6060 (34m<sup>3</sup>) dan 2 DT TR70 (41,5m<sup>3</sup>)

$x_5$  = Waktu operasi 1 *excavator* FS6090 (52 m<sup>3</sup>) dan 2 DT TR100 (57 m<sup>3</sup>)

### Fungsi tujuan (*objective function*)

Fungsi tujuan pemodelan ini adalah untuk menentukan biaya yang paling minimal dari waktu operasi jenis dan susunan alat berat yang akan digunakan.

Minimumkan :  $Z = 806.000x_1 + 876.000x_2 + 887.000x_3 + 942.500x_4 + 948.000x_5$

Keterangan :

$Z$  = Biaya operasi jenis dan susunan alat berat yang akan diminimalkan (Rp)

$x_n$  = Waktu operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (jam)

$C_n$  = Biaya operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (Rp/jam)

### Fungsi Kendala (*constraint*)

#### 1. Kendala waktu sewa alat

Penyewaan alat minimum adalah 208 jam dalam sebulan

$x_1 \geq 208$  jam,  $x_2 \geq 208$ jam,  $x_3 \geq 208$  jam, ...,  $x_n \geq 208$  jam

#### Kendala volume pekerjaan

Kendala ini dimaksudkan agar waktu operasi jenis dan susunan alat berat dapat menyelesaikan volume pekerjaan yang telah tertentu.

$1.222,22 x_1 + 1.617,82x_2 + 2.003,01 x_3 + 2.310,63 x_4 + 3.285,02 x_5 \geq 1.603.692 \text{ m}^3$

Keterangan :

$Q_n$  = Kapasitas produksi per jam jenis dan susunan alat berat tipe n (m<sup>3</sup>/jam).

$x_n$  = Waktu operasi jenis dan susunan alat berat tipe n (jam)

$V_p$  = Volume masing-masing zona pekerjaan (m<sup>3</sup>)

#### 2. Kendala waktu pelaksanaan maksimum

Setiap pelaksanaan pekerjaan mempunyai batas waktu tertentu yaitu 65 bulan kerja ( 13.520 jam).

$$x_1 \leq t_r, x_2 \leq t_r, x_3 \leq t_r, \dots, x_n \leq 13.520$$

Keterangan :

$t_r$  = Waktu pelaksanaan pekerjaan maksimum (jam).

**Kendala ketidak negatipan (*non negative restriction*)**

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

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$$

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan data-data dan perhitungan dari bab-bab sebelumnya dan dari hasil metode optimasi menggunakan linier programing dengan bantuan *software* POM-QM, adalah sebagai berikut :

1. Jenis dan susunan alat berat yang digunakan di *borrow area* adalah : **1 excavator** CAT 320(2,3m<sup>3</sup>) dan **8 DT** 15 m<sup>3</sup> dan **2 excavator** PC200 (0,8m<sup>3</sup>) dan **13 DT** 7m<sup>3</sup>.
2. Jenis dan susunan alat berat yang digunakan di *crusher* adalah : **1 wheel loader** CAT428 (2,50m<sup>3</sup>) dan **2 DT** 20m<sup>3</sup>.
3. Jenis dan susunan alat berat yang digunakan di *quarry area* adalah : **1 excavator** FS6090 (52 m<sup>3</sup>) dan **2 DT** TR100 (57 m<sup>3</sup>).

4. Biaya total operasional yang diminimalkan pada pekerjaan galian dan timbunan *dam body embankment* bendungan Jatigede adalah :  
Rp.82.747.800,- + Rp.74.326.000,- + Rp.462.797.800,- = Rp. 619.871.600,-.

**Saran**

1. Pengaruh jenis dan susunan alat berat untuk optimasi pelaksanaan pekerjaan sangat besar pengaruhnya oleh karena itu penelitian selanjutnya disarankan proses optimasi dilaksanakan pada tahap awal yaitu tahap perencanaan, sehingga memudahkan dalam alokasi biaya peralatan proyek konstruksi.
2. Penggunaan *software* yang mudah dioperasikan dan mudah dibaca, karena sangat membantu dalam proses analisa akhir perhitungan dalam pemilihan susunan peralatan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aryati Indah K. (2004) .*Pengaruh Kualitas Komunikasi Pada Pengelolaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Terhadap Kinerja Waktu*, Tesis. Universitas Indonesia.
- Dwiyanto J.S.(2001). *Pemindahan Tanah Mekanis*, Undip. Semarang.
- Fahan, Tengku.(2005) *Analisis Efisiensi Penggunaan Alat Berat*, UII, Yogyakarta.
- Haryanto.(2003). *Peran Faktor-faktor dalam Penerapan Pelaksanaan yang*

- Mempengaruhi Kinerja Biaya Proyek pada Pekerjaan Tanah.*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hendra Satria, Moch. Arifuddin, Nurul Malahayati. (2012). *Pengaruh Faktor Eksternal, Peralatan, Tenaga Kerja dan Pelaksanaan Pekerjaan Terhadap Kinerja Biaya Proyek Konstruksi Bendungan*. Jurnal Teknik Sipil, Syah Kuala. Banda Aceh.
- Kajewski.(1995). *The Unisalization of Construction Methods*, Multipurpose Equipment and Attachment.
- Muhammad Rusli Rasyid.(2008) *Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat Proyek*, Tugas Akhir, UII, Yogyakarta.
- Qariatullailiyah, Retno Indriyani.(2013). *Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat untuk Pekerjaan Pengangkutan dan Penimbunan pada Proyek Grand Island Surabaya dengan Program Linier*, Jurnal Teknik Pomits, ITS, Surabaya.
- Rochmanhadi. (1982). *Alat-Alat Berat dan Penggunaanya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rochmanhadi, (1983). *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rostiayanti, Susi Fatena.(2000) *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, Rineka Cipta.
- Soeharto, Iman.(2005) *Manajemen Proyek: dari konseptual sampai operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Suryadi dan M.Ali Ramdani.(2002). *Sistem Pendukung Keputusan : Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan*, Bandung. Remaja Rosdakarya.
- Tiong Iskandar, Lila Ayu Ratna W, Widha Ardiyansyah.(2010) *Analisa Kinerja Operasional Penggunaan Alat-Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Timbunan Pada Proyek Pembangunan Jalur Lintas Selatan*, Jurnal Sondir, ITN, Malang.
- Yannu Mujayanah. (2008). *Pemodelan Proporsi Sumber Daya Konstruksi*, Magister Teknik Sipil, Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- .....P.T United Tractor.(1997) *Trainning Center Department*, Jakarta.