

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Umum.**

Metodologi merupakan suatu metode pendekatan untuk menyelesaikan masalah dengan memperhatikan sumber data dan fasilitas yang tersedia. Metodologi menguraikan langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan, sehingga dapat memberi gambaran tentang bagaimana mencari jawaban dari permasalahan yang diajukan. Secara garis besar metodologi digambarkan seperti Gambar 11.

#### **3.2. Permasalahan**

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

- b) Bagaimana proses pekerjaan galian basement menggunakan alat berat.
- c) Bagaimana pengoptimalan penggunaan alat berat pada pekerjaan galian basement.
- d) Berapakah biaya optimum dan waktu optimum yang dihasilkan dari operasi riset dengan metode linier programming.

#### **3.3. Data**

Data-data yang didapat dalam proyek gedung Ditjen Dikti Jakarta merupakan data-data umum dan teknis berupa :

##### **3.3.1. Jenis Data**

Jenis data yang di dapatkan pada proyek gedung Ditjen Dikti Jakarta adalah :

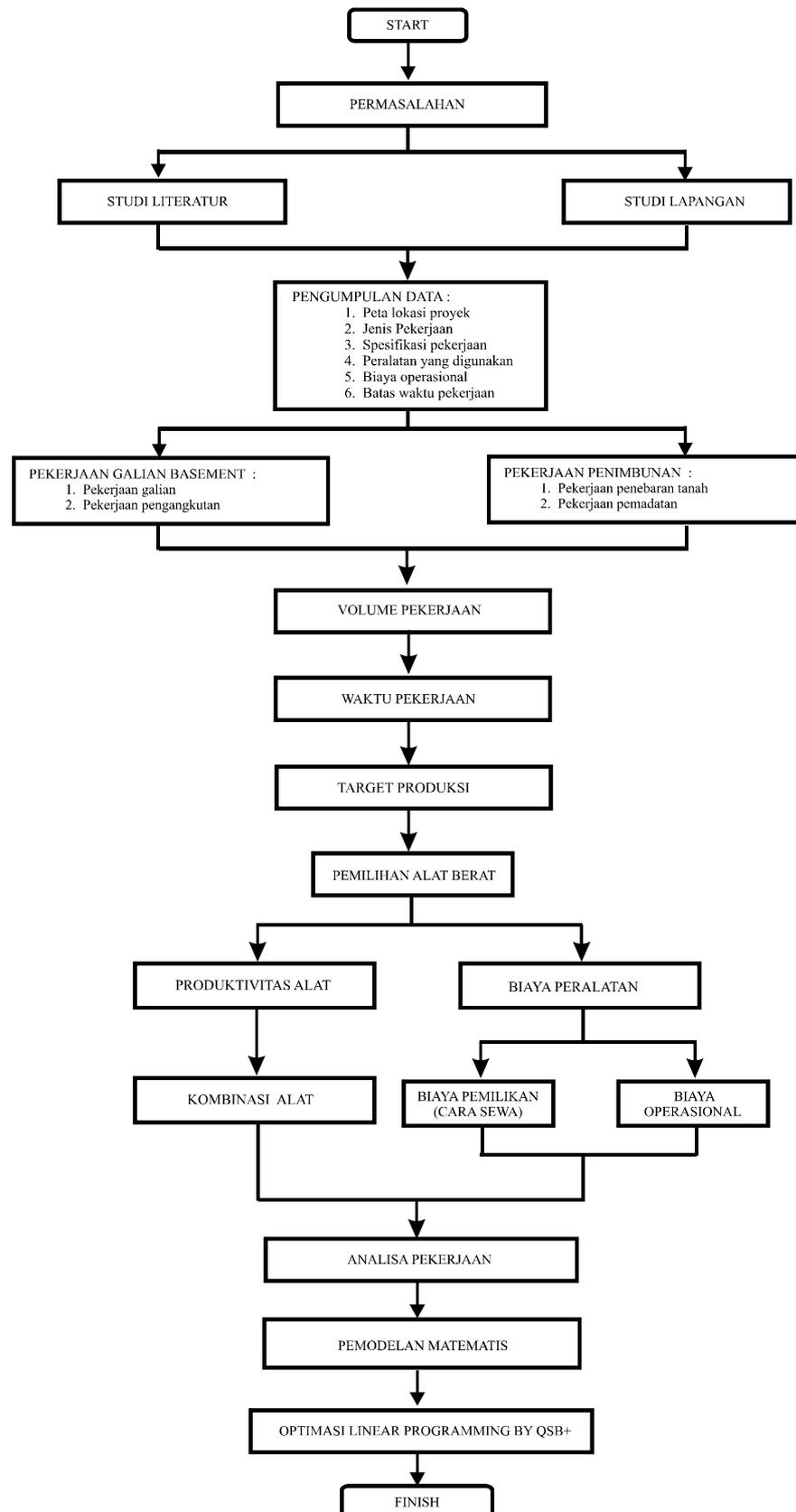
- Sket Lokasi.
- Volume dan jenis tanah.
- Data alat berat.
- Data pekerjaan yang terkait pada pelaksanaan pekerjaan basement.

##### **3.3.2. Sumber Data**

Sumber data berasal dari pelaksana proyek gedung Ditjen Dikti Jakarta yaitu :

PT. Pembangunan Perumahan (PP) (Persero) selaku kontraktor pelaksana proyek pembangunan gedung Ditjen Dikti Jakarta Pusat.

Gambar 11. Bagan Metodologi



Alur analisis yang akan dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Pemilihan backhoe menggunakan optimasi dengan QSB. Diformulasikan dari tipe alat, efisiensi kerja alat dan tempat sewa. Kemudian dipilih satu tipe backhoe yang kemudian digunakan untuk menentukan komposisi backhoe dengan dump truck.
- Pemilihan komposisi antara backhoe dan dump truck menggunakan teori antrian / perimbangan. Sehingga didapatkan satu kombinasi dengan harga yang optimal dan mencapai target yang ditentukan.
- Penempatan tanah hasil galian ke lokasi penempatan (lokasi proyek A dan B) menggunakan optimasi dengan QSB. Dari hasil analisis diperoleh banyaknya tanah yang akan di tempatkan pada lokasi A dan lokasi B serta biaya yang paling optimal.
- Pekerjaan penebaran di lokasi penempatan tanah hasil galian (lokasi proyek A dan B) diasumsikan menggunakan buldozer tipe D155-1.
- Pekerjaan pemadatan di lokasi penempatan tanah hasil galian (lokasi proyek A dan B) menggunakan optimasi dengan QSB. Didapatkan suatu alat yang paling optimal ditinjau dari biaya yang dikeluarkan, target produksi dan waktu yang ditentukan.

### **3.3.3. Spesifikasi Pekerjaan Galian**

Spesifikasi ini berhubungan dengan pekerjaan galian dalam termasuk mobilisasi peralatan, pengukuran, dewatering mulai dari instalasi dan seterusnya, pembuangan sisa galian dan semua pekerjaan yang berkaitan dengan pekerjaan ini.

Metode pelaksanaan harus dilampirkan serta alat-alat yang akan digunakan dalam pekerjaan galian dengan memperhatikan kondisi tanah dan permukaan air tanah yang ada, sifat dan jenis tanah yang dihadapi, sifat peralatan yang akan digunakan serta fasilitas yang dibutuhkan untuk tahap awal maupun pada tahap selanjutnya.

Kontraktor bertanggung jawab untuk melaksanakan galian dalam ini hingga mencapai kedalaman sesuai yang disyaratkan dan melakukan seluruh tindakan yang dianggap perlu untuk pengamanan site akibat galian dalam, seluruh saluran dan fasilitas lain di sekitar proyek harus dijaga dengan baik, dan selama pekerjaan berlangsung saluran harus tetap dalam kondisi baik dan dapat digunakan.

Kontraktor harus mengikuti semua Standar dan Peraturan yang dikeluarkan oleh Pemerintah daerah setempat, ataupun ketentuan lain yang tujuannya untuk memastikan bahwa pekerjaan dapat dilakukan dengan aman, dan tidak mengganggu lingkungan di sekitar proyek. Jika belum diatur oleh Standar dan Peraturan yang ada, maka Standar dan Peraturan dari tempat lain dapat digunakan sebagai referensi untuk melakukan pekerjaan tersebut. Jika Standar dan Peraturan ini ternyata tidak sesuai satu dengan yang lainnya, maka keadaan yang lebih aman harus digunakan sebagai acuan/pegangan baik untuk penawaran maupun pelaksanaan pekerjaan ini.

Semua galian harus dilakukan sesuai dengan yang ditentukan di dalam gambar, seperti panjang, lebar, dalam dan kemiringan agar pekerjaan basement dapat diselesaikan. Jika menggunakan galian terbuka (*open cut*), maka harus digunakan sistem pengamanan slope dari gerusan/erosi air hujan maupun sengatan sinar matahari dll.

Perlindungan terhadap galian terbuka yaitu semua galian terbuka miring dengan rasio lebih curam dari 1 : 2 (vertikal : horisontal) harus dilindungi dengan lapisan adukan beton setebal minimum 5 cm ditambah jaringan kawat (*wire mesh*) tidak lebih satu hari setelah galian dilakukan, dan jika M.A.T cukup tinggi, tanah sangat jelek, atau cuaca yang tidak menunjang, maka segera harus diberi perlindungan. Sebelum perlindungan diatas dibuat, maka semua permukaan galian tersebut sementara waktu harus dilindungi dengan lembaran plastik atau terpal.

Volume galian adalah semua ukuran dari pekerjaan galian harus berdasarkan ukuran bersih di antara ukuran terluar dari struktur permanen. Harus dipertimbangkan adanya perluasan galian yang diperlukan untuk kemudahan pelaksanaan.

Biaya yang diajukan untuk pekerjaan galian dan pembuangan sisa galian harus sudah memasukkan segala hal yang berkaitan dengan penanganan galian tersebut, termasuk tentang pengamanan terhadap stabilitas dan pengangkutannya. Kelebihan ataupun sisa galian yang tidak diizinkan untuk digunakan sebagai tanah urug harus dikeluarkan dari lokasi proyek setempat yang sudah disetujui. Kebersihan kendaraan pengangkut juga harus diperhatikan, sehingga pada saat keluar dari proyek tidak mengotori jalan umum ataupun fasilitas umum lainnya. (*spesifikasi lain dapat dilihat di halaman lampiran*)

### 3.4. Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Pekerjaan galian basement pada proyek Gedung Ditjen Dikti terbagi dalam beberapa tahap. Pekerjaan galian dan pengangkutan dilakukan pada malam hari, hal ini dikarenakan untuk menghindari hambatan dalam pelaksanaan transportasi ke lokasi proyek yang memanfaatkan tanah hasil galian, seperti kemacetan lalu lintas.

Selain pekerjaan galian, terdapat juga pekerjaan-pekerjaan yang terkait dengan pekerjaan galian, antara lain pekerjaan dewatering, pekerjaan penahan tanah dengan menggunakan contiguous bored pile dan stabilitas lereng.

#### 3.4.1. Proses Penggalian Tanah

Urutan pekerjaan galian basement adalah sebagai berikut :

- Pekerjaan galian tanah tahap 1 yaitu galian tanah sampai elevasi -2,5m. Pada tahap ini dilakukan penggalian untuk seluruh areal kecuali daerah galian yang ditunda.
- Pekerjaan galian tanah tahap 2 yaitu galian tanah sampai dengan elevasi -8,4 m untuk as C' – G' dan elevasi -7,0 m untuk as B' - C'.
- Pekerjaan galian tanah tahap 3 yaitu galian pada area yang ditunda, galian pada tahap ini hingga elevasi -7.00 m.

Beberapa asumsi yang digunakan dalam penetapan metode pelaksanaan pekerjaan :

- Diasumsikan pekerjaan dilaksanakan pada malam hari dari jam 21.00 – 05.00.
- Diasumsikan pekerjaan galian basement dilakukan secara berkelanjutan.
- Dalam pelaksanaan pekerjaan tidak terdapat hambatan lalu lintas.
- Pekerjaan galian tidak terpengaruhi oleh pekerjaan lain.
- Waktu pekerjaan 1 hari selama 8 jam.
- Asumsi biaya solar dan pelumas per liter Rp.1.800,- dan Rp. 25.000,-

*Tabel 19. Waktu pelaksanaan pekerjaan galian yaitu :*

Pekerjaan galian Dan pengangkutan	Durasi	Volume	Peralatan
Tahap 1	7 hari	5623.95 m <sup>3</sup>	Backhoe, dump truck
Tahap 2	21 hari	23061.12 m <sup>3</sup>	Backhoe, dump truck
Tahap 3	14 hari	5879.93 m <sup>3</sup>	Backhoe, dump truck

### 3.4.2. Proses Pemindahan dan Pematatan

Urutan pekerjaan penimbunan pada lokasi proyek adalah sebagai berikut :

1. Penebaran tanah dengan menggunakan bulldozer.
2. Pematatan tanah menggunakan compactor.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada pekerjaan penimbunan tanah pada lokasi proyek adalah sebagai berikut :

- Terdapat 2 tempat lokasi proyek yang memanfaatkan tanah hasil galian, yaitu proyek A yang berjarak 20 km dari lokasi penggalian dan proyek B yang berjarak 15 km dari lokasi penggalian.
- Pada lokasi proyek A, volume yang harus dipenuhi adalah 20.000m<sup>2</sup>.
- Pada lokasi proyek B, volume yang harus dipenuhi adalah 14.565m<sup>2</sup>.
- Waktu pelaksanaan untuk pekerjaan penimbunan pada lokasi A adalah 20 hari.
- Waktu pelaksanaan untuk pekerjaan penimbunan pada lokasi B adalah 15 hari.

Sebagai asumsi dasar dalam pemilihan peralatan pada proyek gedung Ditjen Dikti Jakarta adalah sebagai berikut :

1. Semua tipe peralatan diperoleh dengan cara sewa dari perusahaan-perusahaan penyewaan alat-alat berat yang berada dekat dengan lokasi proyek, agar biaya mobilisasi / demobilisasi tidak terlalu besar.
2. Ditinjau dari ketersediaan alat yang ada pada perusahaan-perusahaan penyewaan alat-alat berat yang berada dekat dengan lokasi proyek dan rencana waktu sewa alat tersebut, diasumsikan peralatan yang digunakan adalah Backhoe, Bulldozer, Compactor dan Dump Truck.

### 3.5 Produktifitas Alat Berat

Produksi alat penggali berbeda-beda antara tipe alat penggali yang satu dengan yang lainnya. Hal-hal yang mempengaruhi produktifitas dari alat penggali tanah adalah kapasitas buket, cycle time dan efisiensi kerja (kondisi alat, operator dan cuaca).

Peralatan konstruksi jarang dioperasikan selama 60 menit penuh dalam satu jamnya. Jika alat bekerja efisien selama 50 menit dalam satu jam, hal ini berarti bahwa alat tersebut mempunyai faktor efisiensi waktu kerja  $50/60 \times 100\% = 83,3 \%$ . Faktor efisiensi waktu kerja alat tergantung dari kondisi alat pada saat alat tersebut disewa dan

pemeliharaan alat pada saat pelaksanaan. Jika alat yang disewa dipelihara dengan baik dalam penggunaannya, ada lima kondisi alat pada saat alat tersebut disewa, yaitu :

1. Kondisi baik sekali, dengan faktor efisiensi waktu kerja 0,833. Hal ini berarti dalam satu jam alat dapat bekerja secara efisien selama 50 menit.
2. Kondisi baik, dengan faktor efisiensi waktu kerja 0,75. Hal ini berarti dalam satu jam alat dapat bekerja secara efisien selama 45 menit.
3. Kondisi sedang, dengan faktor efisiensi waktu kerja 0,69. hal ini berarti dalam satu jam alat dapat bekerja secara efisien selama 41.4 menit.
4. Kondisi buruk, dengan faktor efisiensi waktu kerja 0,61. Hal ini berarti dalam satu jam alat dapat bekerja secara efisien selama 36.6 menit.
5. Kondisi buruk sekali, dengan faktor efisiensi waktu kerja 0,50. Hal ini berarti dalam satu jam alat dapat bekerja secara efisien selama 30 menit.

#### A. Produktifitas Backhoe

Perhitungan produktifitas yang dihasilkan dalam proses penggalian tanah lempung dengan menggunakan Backhoe untuk masing-masing tipe dan efisiensi waktu kerja alat digunakan rumusan dibawah ini :

$$Q = q \times \frac{3600}{Cm} \times E$$

**Kapasitas bucket (q)** (m<sup>3</sup>)

- Kondisi peralatan
- Operator (terampil)
- Cuaca

**Faktor koreksi total (E)**

**Cycle time (Cm) :**

- Pengisian bucket (detik)
- Mengangkat beban dan swing (detik)
- Dumping (pembuangan) (detik)
- Swing kembali (detik)

Produktifitas backhoe per jam dinyatakan dengan notasi  $Q_p$  dengan satuan  $m^3/jam$ , sedangkan untuk produktifitas total selama waktu pelaksanaan pekerjaan dinyatakan dengan notasi  $Q_t$  dengan satuan  $m^3$ .

### B. Produktifitas dump truk

Perhitungan produktifitas dump truck dengan kapasitas muat dan jarak angkut untuk masing-masing lokasi digunakan rumusan seperti dibawah ini :

$$Q = q \times \frac{60}{Cmt} \times Et$$

$$q = n \times q' \times E$$

$$Cmt = n.Cms + \frac{L}{V_1} + t_1 + \frac{L}{V_2} + t_2$$

$Cms$  = waktu siklus backhoe (menit)

$L$  = jarak angkut (m)

$V_1$  = kecepatan rata-rata dump truck bermuatan (km/jam)

$V_2$  = kecepatan rata-rata dump truck tanpa muatan (km/jam)

$t_1$  = waktu bongkar muatan hingga posisi siap untuk jalan kembali (menit)

$t_2$  = waktu posisi dump truck hingga siap dimuati (menit)

### C. Produktifitas *sheep foot roller* (lempung)

Perhitungan produktifitas yang dihasilkan dalam proses pemadatan tanah lempung dengan menggunakan compactor untuk masing-masing tipe dan efisiensi waktu kerja alat digunakan rumusan dibawah ini :

$$Qp = \frac{We \times v \times H \times 1000 \times E}{N}$$

$Qp$  = produktifitas *sheep foot roller* ( $m^3/jam$ )

$We$  = lebar efektif ban (m)

$v$  = kecepatan rata-rata (km/jam)

$H$  = tinggi lapisan (m)

$E$  = efisiensi kerja alat

$N$  = jumlah lintasan

Kapasitas produksi alat pemadatan tanah per jam dinyatakan dengan notasi  $Q_p$  dengan satuan  $m^3/jam$ , sedangkan untuk kapasitas produksi total selama waktu pelaksanaan pekerjaan dinyatakan dengan notasi  $Q_t$  dengan satuan  $m^3$ .

#### D. Produktifitas Bulldozer

Tanah timbunan yang akan dipadatkan, harus ditebarkan terlebih dahulu dengan ketebalan tertentu, dengan menggunakan bulldozer. Bulldozer yang akan digunakan adalah tipe D155-1, dengan rumusan produktifitasnya sebagai berikut :

$$Q_b = \frac{q \times 60 \times Et}{C_m}$$

##### Produksi per siklus (q)

$$q = L \times H^2 \times a$$

L = lebar blade (pisau) (m)

H = tinggi blade (pisau) (m)

a = faktor sudut

q = produksi tiap gerak ( $m^3$ )

##### Waktu siklus (C<sub>m</sub>)

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$$

D = jarak angkut (m)

F = kecepatan maju (km/jam)

R = kecepatan mundur (km/jam)

Z = waktu ganti persenelling (menit)

##### Faktor koreksi (Et)

Koreksi terhadap kondisi kerja

7. Operator (cukup)
8. Material terlepas
9. Menggunakan U-blade
10. Efisiensi waktu kerja

Total faktor koreksi = perkalian dari nilai masing-masing kondisi kerja

### 3.6 Biaya Operasional Alat Berat

Biaya-biaya yang termasuk biaya pengeluaran alat berat adalah biaya penyewaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, dan biaya upah tenaga operator. Peralatan konstruksi yang digerakkan oleh motor bakar (*internal combustion engine*) memerlukan solar dan minyak pelumas, yang juga harus diperhitungkan sebagai biaya operasional.

#### 1. Biaya penyewaan alat

Tidak semua peralatan konstruksi dimiliki oleh kontraktor. Dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan tertentu, diperlukan peralatan-peralatan khusus yang diperoleh dengan cara menyewa. Biaya penyewaan alat berat tersebut dihitung dalam biaya per jam. Dalam satu bulan biasanya ditentukan batas penyewaan minimum per alat berat. Biaya penyewaan alat bervariasi, tergantung dari jenis dan tipe alat yang akan disewa dan juga tergantung dari tempat alat itu disewa.

#### 2. Bahan bakar

Bahan bakar = a ltr/jam x A Rp/ltr

Jika diketahui daya mesin maka dapat digunakan rumusan sebagai berikut :

Solar yang diperlukan per jam adalah = daya x E x 0,04 = ltr/jam x 3,8 x Rp/ltr

#### 3. Upah *operator* dan *helper* untuk backhoe atau sopir dan kenek untuk truck = g (Rp/jam).

#### 4. Perhitungan Pemakaian Minyak Pelumas

Pergantian minyak pelumas dilakukan setiap 100 sampai 200 jam, dapat dihitung jika diketahui daya mesin (hp), kapasitas karter (c), selang penggantian (t) dan faktor efisiensi alat (E).

$$q_{plms} = \frac{\text{daya mesin} \times E \times 0.006}{7.4} + \frac{c}{t} \quad (\text{gallon/jam}) \dots\dots\dots 1 \text{ gallon/jam} = 3,79$$

liter/jam

#### 5. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi

Alat berat yang disewa dari suatu tempat, membutuhkan biaya transportasi alat tersebut ke lokasi proyek dan biaya transportasi alat tersebut kembali ketempat asalnya. Untuk alat-alat berat tertentu bahkan diperlukan kendaraan khusus untuk mengangkat alat berat tersebut ke lokasi proyek dan sebaliknya. Biaya-biaya yang diperlukan ini termasuk biaya mobilisasi dan demobilisasi. Biaya mobilisasi dan

demobilisasi tergantung dari kendaraan untuk mengangkut alat berat yang disewa, dan jauh dekatnya tempat penyewaan ke lokasi proyek. Jadi masing-masing alat yang disewa dari tempat penyewaan yang berbeda, mempunyai biaya mobilisasi dan demobilisasi yang berbeda.

#### 6. Biaya Operasional Total

Biaya operasional total yang dikeluarkan untuk masing-masing tipe alat adalah penjumlahan semua biaya yang dikeluarkan untuk penyewaan alat, upah tenaga operator dan biaya untuk pemakaian solar dan minyak pelumas selama waktu pelaksanaan pekerjaan ditambah biaya mobilisasi dan demobilisasi alat. Biaya operasional total alat ditulis dengan variabel  $C_o$  dengan satuan rupiah.

### 3.7 Program Linier

#### 3.7.1 Konsep Model

Model ini merupakan alat bantu analisa keputusan, untuk memperoleh biaya pengeluaran paling minimal, pada pengoperasian alat, pada pekerjaan basement. Dalam pencapaian biaya operasional minimal, diperlukan suatu komposisi dari jenis dan tipe alat berat yang akan digunakan untuk menyelesaikan volume pekerjaan dalam waktu yang telah ditentukan. Dalam pembentukan model matematis dari keadaan yang ada dilapangan, diperlukan asumsi-asumsi yang mendekati keadaan nyata yang ada dilapangan. Asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan pekerjaan dilaksanakan pada musim yang masih memungkinkan alat berat beroperasi dengan baik.
2. Kondisi proyek merupakan lahan yang datar dan luas, sehingga dapat menampung semua alat berat yang akan digunakan.
3. Kapasitas produksi dan biaya operasional pelaksanaan pekerjaan basement dihitung selama waktu pelaksanaan.
4. Dalam pelaksanaan pekerjaan tidak ada kerusakan alat, tidak diperhitungkan pengisian bahan bahan dan alat dapat berfungsi secara kontinu selama waktu pekerjaan.

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 alat tipe tertentu yang dapat disewa.

### 3.7.2 Volume pekerjaan dan waktu rencana pelaksanaan pekerjaan

Volume pelaksanaan pekerjaan pada basement adalah volume total tiap-tiap jenis pelaksanaan pekerjaan dalam satuan  $m^3$ . Variabel yang digunakan untuk volume pekerjaan adalah  $V_p$ . Waktu total pelaksanaan pekerjaan dinyatakan dalam satuan jam dan dinyatakan dengan notasi  $t_r$ . Pelaksanaan pekerjaan dilakukan 8 jam sehari.

### 3.7.3 Model Matematis

#### • Penentuan Komposisi Optimum

Dalam program linier, diperlukan adanya fungsi tujuan, fungsi kendala, dan variabel peubah keputusan. Variabel keputusan  $X_{ijk}$ , harus dalam bentuk integer. Berikut ini adalah uraian bentuk program linier integer yang akan digunakan.

#### 1. Fungsi tujuan

Fungsi tujuan dari program linier ini adalah untuk menentukan biaya pengeluaran yang paling minimal dalam penentuan komposisi alat yang akan digunakan. Formulasi dari fungsi tujuan tersebut dapat didefinisikan secara matematis sebagai berikut :

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^s x_{ijk} \cdot C_{oijk}$$

Keterangan :

$Z$  = Biaya operasional total minimum yang dikeluarkan untuk alat yang digunakan (Rp).

$X_{ijk}$  = Alat tipe  $i$  yang disewa dari tempat  $j$  dengan efisiensi  $k$

$C_{oijk}$  = Biaya operasional total alat tipe  $i$  yang disewa dari tempat  $j$ , dengan efisiensi  $k$  selama waktu pelaksanaan (Rp)

## 2. Fungsi kendala volume pekerjaan

Dalam penyusunan fungsi kendala, yang menjadi faktor penting yaitu faktor kendala volume pekerjaan yang harus diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan. Dan juga harus diperhatikan volume tiap-tiap jenis pekerjaan dalam pekerjaan basement. Kendala ini mempunyai tujuan untuk menjamin bahwa kuantitas alat berat yang akan digunakan, sesuai dengan volume pekerjaan. Dalam bentuk formulasi matematisnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^s x_{ijk} \cdot Q_{tijk} \geq V$$

Keterangan :

$X_{ij k}$  = alat tipe  $i$  yang disewa dari tempat  $j$  dengan efisiensi  $k$

$Q_{tijk}$  = kapasitas produksi total alat tipe  $i$  yang disewa dari dari tempat  $j$ , dengan efisiensi  $k$  selama waktu pelaksanaan(m3)

## 3. Fungsi kendala tipe alat yang akan digunakan

Masing-masing tipe alat yang akan digunakan harus berjumlah lebih dari satu atau sama dengan nol. Dalam formulasi matematisnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_{ijk} \geq 0$$

## 4. Fungsi kendala keterbatasan alat

Ketersediaan alat berat dengan tipe tertentu terbatas, maka formulasi matematisnya dapat ditulis dengan :

$$X_{ijk} \leq b_{ijk}$$

Keterangan :

$b_{ijk}$  = jumlah tipe alat  $i$  yang tersedia pada tempat penyewaan  $j$ , dengan faktor efisiensi  $k$ .

## • Penentuan Waktu Optimum

Dari komposisi alat berat yang telah dipilih akan ditentukan waktu operasi yang paling optimum dari masing-masing tipe alat, sehingga dapat meminimalkan lagi biaya pengeluaran untuk pengoperasian alat.

### 1. Fungsi tujuan.

Fungsi tujuan pemodelan ini adalah untuk menentukan biaya yang paling minimal dari waktu operasi alat berat yang akan digunakan. Formulasi dari fungsi tujuan tersebut dapat didefinisikan secara matematis sebagai berikut :

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^s t_{ijk} \cdot C_{ijk}$$

Keterangan :

$Z$  = Biaya operasi alat yang akan diminimalkan (Rp)

$t_{ijk}$  = Waktu operasi alat tipe  $i$  yang disewa dari tempat  $j$ , dengan efisiensi  $k$  (jam)

$C_{ijk}$  = Biaya operasi alat tipe  $i$ , dari tempat  $j$ , dengan faktor efisiensi  $k$  (Rp/jam)

### 2. Fungsi kendala waktu pemakaian minimum

Penyewaan alat minimum adalah 200 jam dalam sebulan. Jadi waktu operasi alat harus lebih besar atau sama dengan 200 jam. Dalam model matematisnya dituliskan sebagai berikut :

$$t_{ijk} \geq 200$$

### 3. Fungsi kendala volume pekerjaan

Kendala ini dimaksudkan agar waktu operasi alat dapat menyelesaikan volume pekerjaan yang telah tertentu. Dalam model matematisnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^s t_{ijk} \cdot Q_{pijk} \geq V_p$$

Keterangan :

$Q_{pijk}$  = Kapasitas produksi per jam alat tipe  $i$  dari tempat  $j$ , dengan efisiensi  $k$  (m<sup>3</sup>/jam)

$V_p$  = Volume tiap item pekerjaan (m<sup>3</sup>)

### 4. Fungsi kendala waktu pelaksanaan maksimum

Setiap pelaksanaan pekerjaan mempunyai batas waktu tertentu. Dalam model matematisnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_{ijk} \leq tr$$

Keterangan :

$t_r$  = Waktu pelaksanaan pekerjaan (jam)

### 3.8 Teori Antrian

Adapun dasar penentuan kombinasi keduanya (backhoe dan dump truck) adalah bahwa dari kombinasi keduanya dapat mencapai target produksi dan waktu penyelesaian pekerjaan, digunakan teori antrian.

Langkah-langkah pengerjaannya berdasar teori antrian adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan kapasitas volume pekerjaan yang harus dicapai adalah sebagai berikut :

Kapasitas volume pekerjaan sebesar  $\frac{\text{volume pekerjaan per tahap}}{\text{waktu pekerjaan per tahap}}$  ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )

2. Waktu siklus edar backhoe maupun dump truck pengangkut tanah dalam operasionalnya adalah sebagai berikut :

- Waktu pemuatan tanah oleh backhoe ke dalam truck hingga penuh yang dilambangkan dengan  $T_s$ , dimana  $T_s$  sebesar  $\frac{\text{kapasitas truck}}{\text{kapasitas backhoe}}$  (jam).
- Sedangkan untuk waktu siklus edar truck tanpa waktu memuat berdasarkan perhitungan di atas ( $T$ ) yang dilambangkan sebagai  $T_a$  (jam).
- Adapun produktifitas backhoe dalam waktu satu jam berdasarkan perhitungan di atas adalah sebesar  $Qb$  ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )

3. Adapun total pemilikan dan operasional untuk backhoe dan truck pengangkut adalah sebesar :

- Total biaya backhoe =  $C_s$  (per jam).

- Total biaya truck =  $C_t$  (per jam).

4. Perhitungan laju kedatangan truck untuk setiap jamnya adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{1}{T_a} \text{ (truck / jam)}$$

5. Memperhitungkan jumlah truck yang akan dimuat per jam ( $m$ ) berdasarkan waktu pemuatan truck oleh backhoe hingga penuh adalah  $m = \frac{1}{T_s}$  (truck / jam).

6. Berdasarkan hasil perhitungan point no.4 dan 5 di atas, maka akan diperoleh rata-rata jumlah truck yang akan diperlukan dengan rumus sebagai berikut :

$$x = \frac{m}{r} \text{ (truck)}.$$

7. Oleh karena mungkin tidak tersedianya truck untuk dimuati oleh backhoe, maka keharusan untuk backhoe untuk menunggu/menganggur akan menyebabkan produksi backhoe menjadi menurun. Oleh karena itu dibutuhkan probabilitas yang berbentuk suatu distribusi poisson secara komulatif dalam memperhitungkan probabilitas tidak tersedianya truck yang akan dimuati oleh backhoe dalam waktu satu jam.  $P_o(n,x)$

$$P_o = \frac{\left( \frac{e^{-x} \times x^n}{n!} \right)}{\sum_{j=0}^n \left( \frac{e^{-x} \times x^j}{j!} \right)} = \frac{P(n,x)}{P'(n,x)}; n \text{ merupakan jumlah truck.}$$

Oleh karena itu, maka probabilitas tersedianya truck untuk dimuati oleh backhoe selama satu jam dirumuskan  $(1-P_o)$ .

Adapun biaya untuk backhoe dan truck dalam proses penggalian tanah tersebut adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{(nt \times Ct) + (nb \times Cb)}{Qt}$$

Keterangan :

- nt = jumlah truck
- nb = jumlah backhoe
- Ct = biaya per jam truck (Rp)
- Cs = biaya per jam backhoe (Rp)
- Qt = produktifitas dump truck ( $m^3$ /jam)