

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 PROYEK**

##### **3.1.1 Pengertian Proyek**

Proyek adalah suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu sesuai dengan *budget* yang ditetapkan untuk mencapai sasaran yang ditentukan pula. Perencanaan pelaksanaan dari proyek satu dengan yang lain berbeda karena sifat proyek tersebut, sehingga dalam perencanaan proyek harus benar-benar dikerjakan dengan persiapan yang matang sehingga dapat dicapai efisiensi yang tinggi (Soeharto, 1995).

Konstruksi adalah kegiatan yang tidak lepas dari suatu resiko, termasuk di dalamnya adalah pemakaian alat berat dengan biaya yang tidak sedikit. Walaupun untuk proyek kecil, peralatan yang mahal sering digunakan dan angka disini mempengaruhi angka kontrak. Kemampuan kontraktor untuk membuat perencanaan yang matang terhadap pemakaian berbagai peralatan disini akan membantu kontraktor untuk mengoptimalkan pemakaiannya sehingga mampu memenangkan proses *tender* (Peurifoy, 1996).

Perencanaan yang tepat mengenai letak berbagai peralatan konstruksi disini dipercaya sebagai kunci dari efisiensi produktivitas. Perencanaan perletakan yang mana mendefinisikan mengenai tipe peralatan, kuantitas alat, posisi dari peralatan yang digunakan, *storage area* dan -fabrikasi sangat berpengaruh dalam hal produktivitas, biaya dan durasi dari pekerjaan konstruksi (Tam dan Leung, 2008).

#### **3.2 PERALATAN PROYEK**

##### **3.2.1 Pengertian Peralatan Proyek**

Peralatan proyek adalah segala peralatan yang digunakan dalam melaksanakan proyek untuk mempermudah dan mempercepat setiap pekerjaan. Alat berat merupakan

alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat. Alat berat dikategorikan menjadi beberapa klasifikasi yaitu alat berat fungsional dan alat berat operasional (Laksono dan Syahbana, 2011).

Ditulis pada penelitian laksono dan Syahbana (2011), berdasarkan fungsinya, alat berat dibedakan kedalam 7 (tujuh) jenis, yaitu :

1. Alat pengolah lahan

Kondisi lahan proyek kadang-kadang masih merupakan lahan asli yang harus dipersiapkan sebelum lahan tersebut mulai diolah. Jika lahan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat digunakan *scraper*. Sedangkan untuk pembentukan permukaan lahan agar rata selain *dozer* dapat digunakan *motor grader*.

2. Alat penggali

Jenis alat ini dikenal juga dengan istilah *excavator*. Beberapa alat berat digunakan untuk menggali tanah dan batuan. Yang termasuk didalam kategori ini adalah *front shovel*, *backhoe*, *dragline*, dan *clamshell*.

3. Alat Pengangkut Material.

*Crane* termasuk didalam kategori alat pengangkut material karena alat ini dapat mengangkut material secara vertikal dan kemudian memindahkannya secara horisontal pada jarak jangkauan yang relatif kecil. Untuk pengangkutan material lepas (*loose material*) dengan jarak tempuh yang relatif jauh, alat yang dapat digunakan berupa *belt*, *truck* dan *wagon*. Alat-alat ini memerlukan alat lain yang membantu memuat material kedalamnya.

#### 4. Alat Pemindah Material

Yang termasuk dalam kategori ini adalah alat yang biasanya tidak digunakan sebagai alat transportasi, tetapi digunakan untuk memindahkan material dari satu alat ke alat lainnya. Contoh alat berat yang masuk dalam kategori ini contohnya adalah *loader* dan *dozer*.

#### 5. Alat Pemadat

Jika pada suatu lahan dilakukan penimbunan maka pada lahan tersebut perlu dilakukan pemadatan. Pemadatan juga dilakukan untuk pembuatan jalan, baik untuk jalan tanah dan jalan dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Yang termasuk sebagai alat pemadat adalah *tamping roller*, *pneumatictired roller*, dan *compactor*.

#### 6. Alat Pemroses Material

Alat ini dipakai untuk mengubah batuan dan mineral alam menjadi suatu bentuk dan ukuran yang diinginkan. Hasil dari alat ini misalnya adalah batuan bergradasi, semen, beton, dan aspal. Yang termasuk dalam alat ini adalah *crusher*, dan *concrete mixer truck*. Alat yang dapat mencampur material-material di atas juga di kategorikan ke dalam alat pemroses material seperti *concrete batch plant* dan *asphalt mixing plant*.

#### 7. Alat Penempat Akhir Material

Alat digolongkan pada kategori ini karena fungsinya yaitu untuk menempatkan material pada tempat yang telah ditentukan. Di tempat atau lokasi ini material disebar-kan secara merata dan dipadatkan sesuai dengan spesifikasi yang telah di tentukan. Yang termasuk di dalam kategori ini adalah *concrete spreader*, *asphalt paver*, *motor grader* dan alat pemadat.

### 3.2.2 Produktivitas Peralatan

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*). Empat hal yang mutlak untuk

diperhitungkan dalam menentukan alat berat yang akan digunakan adalah (Alifen, 2012).

1. Kapasitas alat berat
2. Kapasitas alat angkut
3. Waktu siklus
4. Faktor operator

Efektivitas alat dapat tergantung dari beberapa hal, antara lain kemampuan operator alat berat, pemilihan dan pemeliharaan alat, perencanaan dan pengaturan letak alat, topografi, kondisi cuaca, dan metode pelaksanaan. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat (Rostiyanti, 2008).

Rumus dasar untuk mencari produktivitas alat adalah (Rostiyanti, 2008):

$$Produktivitas = \frac{Kapasitas}{Waktu siklus} \dots\dots\dots (3.1)$$

### 3.3 TOWER CRANE

*Tower crane* merupakan salah satu peralatan dalam pelaksanaan konstruksi memegang peran yang cukup besar dalam hal pengangkutan material dan merupakan peralatan terkritis dari pelaksanaan suatu gedung bertingkat sehingga menuntut perencanaan yang tepat. Pemakaian *tower crane* memerlukan pertimbangan perencanaan yang matang karena *tower crane* disini diletakkan secara tetap pada suatu lokasi selama aktivitas konstruksi dikerjakan. *Tower crane* harus mampu melayani semua titik permintaan dari posisinya yang tetap. Perencana harus dapat memastikan bahwa pengangkutan material disini dapat dipenuhi dalam radius yang disediakan *tower crane* (Peurifoy, 1996).

Setiap penggunaan alat berat seperti *tower crane* memerlukan biaya operasional yang cukup besar. Salah satu faktor yang mempengaruhi biaya adalah lamanya waktu pemakaian alat tersebut, sehingga kontraktor harus merencanakan waktu dengan baik. Waktu dalam ilmu proyek sangatlah penting. Waktu merupakan salah satu batasan dalam suatu proyek konstruksi yang kaitannya dengan produktivitas

dan volume pekerjaan yang telah dikerjakan per satuan waktu (Rahman, 2012).

### 3.3.1 Jenis *Tower crane*

Menurut Chudley dan Greeno (2004) jenis *tower crane* memiliki banyak model yang disesuaikan dengan kondisi proyek. Ada empat jenis *tower crane* yaitu:

#### 1. *Self Supporting Static Tower crane*

Sesuai dengan namanya, *tower crane* jenis ini berdiri di atas pondasi yang diam di tanah. Kemampuan mengangkut barang yang berat dan jangkauan yang luas membuat *tower crane* ini cocok untuk proyek dengan lahan terbuka yang luas.

#### 2. *Supported Static Tower crane*

Memiliki sistem kerja yang serupa dengan *self supporting static tower crane*, dan digunakan jika diperlukan pengangkatan material ke tempat yang sangat tinggi. Bagian *mast* atau *tower* dari *tower crane* jenis ini diikatkan ke bangunan untuk memberikan tambahan stabilitas.

#### 3. *Travelling Tower crane*

*Tower crane* jenis ini bisa berpindah tempat, karena didirikan diatas *bogi* roda (sejenis roda kereta api) dan berjalan sepanjang rel. Karena dapat bergerak sepanjang rel, *tower crane* ini dapat menjangkau area proyek yang jauh lebih luas dari pada *tower crane* yang diam di tempat. Namun karena berjalan di atas rel, maka lokasi proyek haruslah dibuat cukup rata agar *tower crane* berjalan.

#### 4. *Climbing Tower crane*

Biasa digunakan di bangunan tinggi, *tower crane* jenis *climbing* diletakkan di dalam struktur bangunan yang dibangun. Seiring bertambah tingginya bangunan yang dibangun, *tower crane* juga ikut bertambah tinggi.

### 3.3.2 Bagian-Bagian *Tower crane*

Menurut Rostiyanti (2008) bagian-bagian *tower crane* terdiri dari :

1. *Base*  
Merupakan tempat kedudukan *tower crane* yang berfungsi menahan gaya aksial dan gaya tarik, berupa blok beton atau tiang pancang.
2. *Base section*  
Bagian paling dasar dari badan *tower crane* yang langsung dipasang atau dijangkar ke pondasi.
3. *Mast section*  
Bagian dari badan *tower crane* yang berupa segmen kerangka yang dipasang untuk menambah ketinggian *tower crane*.
4. *Climbing frame*  
Bagian dari badan *tower crane* yang berfungsi sebagai penyangga saat penambahan *massa*.
5. *Support seat*  
Merupakan tumpuan atau dudukan yang menyokong *slewing ring* dalam mekanisme putar, terdiri dari bagian atas (*upper*) dan bagian bawah (*lower*).
6. *Slewing ring*  
Merupakan alat yang dapat berputar  $360^\circ$ , berperan dalam mekanisme putar.
7. *Slewing mast*  
Merupakan alat yang ikut berputar bersama *jib*, terletak di bawah *cat head*.
8. *Cat head*  
Puncak *tower crane* berfungsi sebagai tumpuan kabel *jib* dan *counter jib*.
9. *Jib*  
Lengan pengangkut beban dengan panjang bermacam-macam tergantung kebutuhan.
10. *Counter jib*  
Lengan penyeimbang terhadap beban momen dari *lattice jib*.
11. *Counter weight*  
Blok beton yang merupakan pemberat, yang dipasang pada ujung *counter jib*.

12. *Cabin set*

Ruang operator pengendali *tower crane*.

13. *Access ladder*

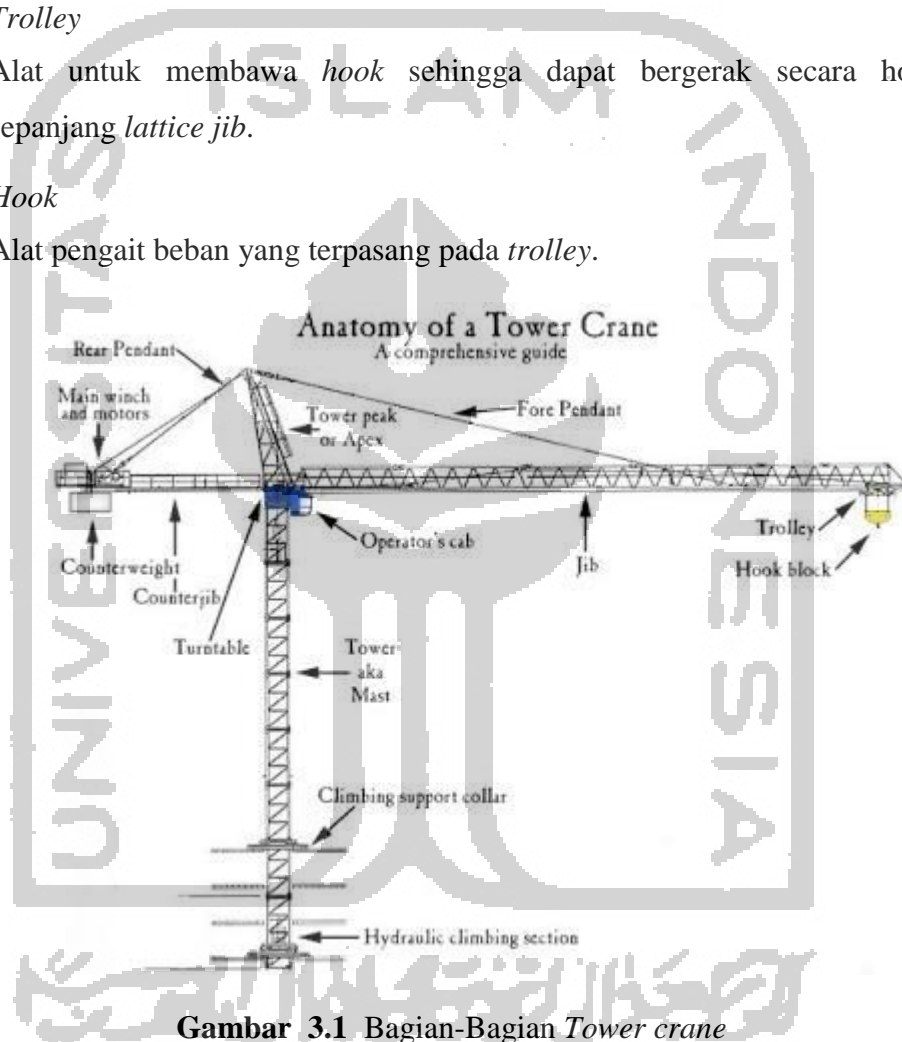
Tangga vertikal yang berfungsi sebagai akses bagi operator menuju *cabin set*, terletak di bagian *mast section*.

14. *Trolley*

Alat untuk membawa *hook* sehingga dapat bergerak secara horisontal sepanjang *lattice jib*.

15. *Hook*

Alat pengait beban yang terpasang pada *trolley*.



**Gambar 3.1** Bagian-Bagian *Tower crane*

(Sumber: <https://www.cranecrews.com>)

### 3.3.3 Mekanisme Kerja *Tower crane*

Menurut Rostiyanti (2008), mekanisme kerja *tower crane* meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mekanisme angkat (*hoisting mechanism*)

Mekanisme ini digunakan untuk mengangkat beban.

2. Mekanisme putar (*slewing mechanism*)

Mekanisme yang digunakan untuk memutar *jib* dan *counter jib* sehingga dapat mencapai radius yang diinginkan.

3. Mekanisme jalan dari *trolley* (*trolley traveling mechanism*)

Mekanisme ini digunakan untuk menjalankan *trolley* maju dan mundur sepanjang *jib*.

4. Mekanisme jalan (*traveling mechanism*)

Mekanisme yang digunakan untuk menjalankan kereta untuk *traveling tower crane*.

### 3.3.4 Kapasitas *Tower crane*

Besarnya muatan yang dapat diangkat oleh *tower crane* telah diatur dan ditetapkan dalam manual operasi *tower crane* yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat *tower crane*. Prinsip dalam penentuan beban yang bisa diangkat adalah berdasarkan prinsip momen. Jadi jarak dan ketinggian tertentu *tower crane* memiliki momen batas yang tidak boleh dilewati. Panjang lengan muatan dan daya angkut muatan merupakan suatu perbandingan yang bersifat *linear*. Perkalian panjang lengan dan daya angkut maksimum pada setiap titik adalah sama dan menunjukkan kemampuan momen yang bisa diterima *tower crane* tersebut. Semakin berat beban yang harus diangkat maka radius operasi yang dapat dicapai juga akan semakin kecil (Rostiyanti, 2008).

### 3.3.5 Pemilihan *Tower crane*

Pemilihan *tower crane* sebagai alat untuk memindahkan material berdasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tidak terjangkau oleh alat lain, dan tidak dibutuhkan pergerakan alat. Pemilihannya harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal tersebut dikarenakan dalam pengoperasiannya *tower crane* harus diletakkan disuatu tempat yang tetap selama proyek berlangsung, sehingga *tower crane* mampu memenuhi kebutuhan akan pemindahan material dari suatu tempat ke tempat berikutnya sesuai daya jangkauan yang ditetapkan. Selain itu pada saat proyek telah selesai, pembongkaran *tower crane* harus dapat dilakukan dengan mudah. Pemilihan jenis *tower crane* yang akan dipakai harus mempertimbangkan (Rostiyanti, 2008):

1. Situasi dari proyek (ruang yang ada, batasan lokasi, alat-alat lain yang ada).



2. Bentuk dari struktur bangunan.
3. Ketinggiann struktur bangunan yang dikerjakan.
4. Radius yang dapat dijangkau oleh *tower crane* yang digunakan.

### 3.3.6 Faktor-Faktor Posisi *Tower crane*

Faktor-faktor yang mempengaruhi posisi *tower crane* (Rostiyanti, 2008):

1. Keamanan untuk kepentingan keamanan dan efisiensi maka posisi *tower crane* diletakkan sejauh mungkin dari *tower crane* yang lain.
2. Kapasitas *tower crane* yang mana kapasitas angkat *tower crane* ditentukan dari kurva radius beban dimana semakin besar beban maka semakin kecil radius operasinya.
3. Ruang kerja, yang mana jika ruang kerja semakin kecil maka dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya hambatan dan tabrakan.
4. Lokasi *Supply* dan *Demand*  
Lokasi Penyediaan (*Supply*) material dan lokasi yang membutuhkan (*Demand*) harus ditentukan terlebih dahulu.
5. *Feasible Area*  
*Feasible Area* merupakan area yang paling memungkinkan untuk menempatkan *tower crane*.

## 3.4 PRODUKTIVITAS TOWER CRANE

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat berat. Output merupakan hasil pekerjaan yang dicapai oleh *tower crane*, dalam hal ini adalah besarnya material yang berhasil dipindahkan. Output dihitung dan dinyatakan dalam satuan kilogram. Sedangkan input adalah sumber daya yang digunakan *tower crane* untuk memindahkan material berupa waktu siklus alat. Produktivitas dinyatakan dalam satuan kg/jam. Produktivitas *tower crane* ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut (Asiyanto, 2008):

$$Produktifitas = \frac{Output}{Input} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

*Output* = berat material (kg)

*Input* = waktu siklus (jam)

Produktivitas rata-rata menunjukkan besarnya nilai rata-rata produktivitas dalam beberapa hari (Amalia, S.D.; Purwadi, D., 2017).

$$Produktivitas \text{ rata - rata} = \frac{Total \text{ Produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

N = Jumlah hari

### 3.4.1 Berat muatan

Berat muatan yang dapat diangkut *tower crane* dapat dinyatakan dalam satuan kg (kilogram). Muatan yang diperhitungkan dalam penelitian diantaranya: (1) Berat beton segar, (2) Bekisting, (3) Pembesian. Berat muatan ditentukan dengan melakukan estimasi perhitungan.

#### 3.4.1.1 Berat beton segar

Berat beton segar adalah berat keseluruhan beton yang masih segar yang akan digunakan untuk proses pengecoran. Berat beton segar ( $W_{BS}$ ) ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Hatimah, 2013):

$$W_{BS} = V(m^3) \times \rho_{BS} (kg/m^3) \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

$W_{BS}$  = Berat Beton Segar (kg)

V = Volum Beton Segar ( $m^3$ )

$\rho_{BS}$  = Berat Jenis Beton Segar (2325  $kg/m^3$ )

#### 3.4.1.2 Berat bekisting

Berat *bekisting* adalah berat keseluruhan kayu *bekisting* yang akan digunakan

untuk proses pengecoran. Berat *bekisting* ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{BK} = V(m^3) \times \rho_{BK} (kg/m^3) \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

$W_{BK}$  = Berat *bekisting* (kg)

$V$  = Volume *bekisting* ( $m^3$ )

$\rho_{BK}$  = Berat Jenis Kayu *bekisting* ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ).

### 3.4.1.3 Berat pembesian

Berat *pembesian* adalah berat keseluruhan rangka pembesian yang akan digunakan untuk proses pengecoran. Berat pembesian ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{Pb} = L(m) \times \rho_{PB} (kg/m) \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana:

$W_{Pb}$  = Berat Pembesian (kg)

$L$  = Panjang pembesian (m)

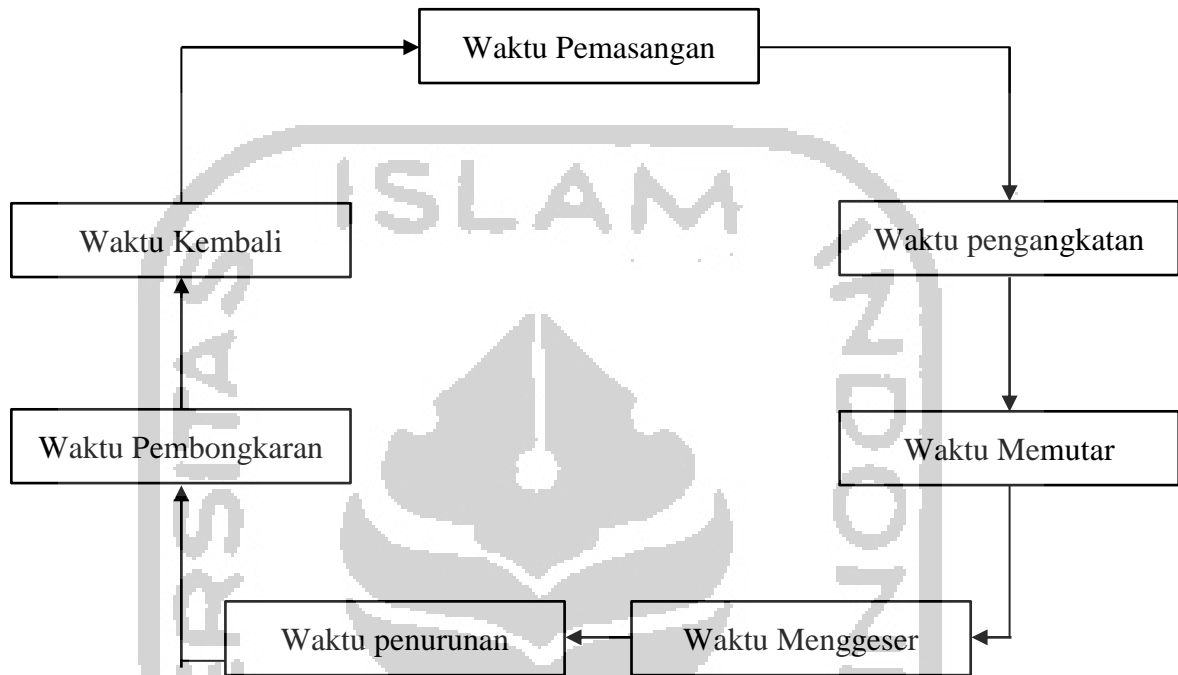
$\rho_{PB}$  = Berat Jenis Besi D22 ( $2985 \text{ kg/m}$ ).

### 3.4.2 Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama di dalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali lagi ke kegiatan awal. Semua kegiatan tersebut dapat dilakukan satu alat atau oleh beberapa alat. Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan di atas disebut waktu siklus atau *cycle time* (Asiyanto, 2008).

Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur, yaitu waktu muat/ *loading time*, waktu pemindahan/ *hauling time*, waktu pembongkaran/ *dumping time* dan waktu kembali/ *return time* (RT) (Asiyanto, 2008).

Waktu siklus = waktu pemasangan + waktu pemindahan + waktu bongkar + waktu kembali.



**Gambar 3.2** Waktu Siklus *Tower crane*

Pada dasarnya *tower crane* memiliki empat gerakan pemindahan, yaitu gerakan naik (*hoisting mechanism*), gerakan memutar (*slewing mechanism*), dan gerakan mendatar (*trolley mechanism*) (Rostiyanti, 2008). Untuk menentukan lamanya waktu perpindahan tersebut, digunakan rumus sebagai berikut:

- a. Waktu tempuh vertikal ( $T_v$ ).

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

$T_v$  = waktu tempuh vertikal (menit)

$D_v$  = jarak tempuh vertikal (m)

$V_v$  = Kecepatan naik/*hoist* (m/menit)

- b. Waktu tempuh rotasi ( $T_r$ )

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana:

$T_r$  = waktu tempuh rotasi (menit)

$D_r$  = jarak tempuh rotasi (radian)

$V_r$  = Kecepatan putar/*slewing* (rad/menit)

c. Waktu tempuh horisontal ( $T_h$ )

$$T_h = \frac{D_h}{V_h} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

$T_h$  = waktu tempuh horisontal (menit)

$D_h$  = jarak tempuh horisontal (m)

$V_h$  = Kecepatan geser horisontal (*trolley*) (m/menit)

### 3.5 BIAYA OPERASIONAL ALAT BERAT

Biaya pengoperasian alat akan timbul saat alat berat dipakai. Biaya pengoperasian meliputi biaya bahan bakar, gemuk/*grease*, pelumas, perawatan dan perbaikan, serta alat penggerak atau roda. Operator yang mengoperasikan alat berat termasuk dalam biaya operasional. Selain itu mobilisasi dan demobilisasi alat berat juga merupakan biaya pengoperasian alat berat (Rostiyanti, 2008).

#### 3.5.1 Bahan Bakar

Jumlah bahan bakar untuk alat berat yang menggunakan bensin atau solar berbeda-beda. Rata-rata alat yang menggunakan bahan bakar bensin 0,06 galon per *horse power* per jam, sedangkan alat yang menggunakan bahan bakar solar mengonsumsi bahan bakar 0,04 galon per *horse power* per jam. Nilai yang didapatkan kemudian dikalikan dengan faktor pengoperasian. Rumus penggunaan bahan bakar per jam adalah sebagai berikut (Rostiyanti, 2008):

$$BBM \text{ solar} = 0,04 \times HP \times eff \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

HP : *Horse power*

Eff : *Efisiensi mesin*

### 3.5.2 Pelumas

Perhitungan penggunaan pelumas per jam ( $Q_p$ ) biasanya berdasarkan jumlah waktu operasi dan lamanya penggantian pelumas. Perkiraananya dihitung dengan rumus (Rostiyanti, 2008):

$$Q_p = \frac{f \times hp \times 0,006}{7,4} + \frac{c}{t} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dimana:

HP : *Horse power*

c : Kapasitas *crankcase*

t : Lama penggunaan pelumas

f : Faktor pengoperasian

### 3.5.3 Gemuk/Grease

Biaya kebutuhan gemuk/*grease* pada alat berat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Rostiyanti, 2008):

$$Grease = g \times h \dots \dots \dots (3.12)$$

dimana:

g : Kebutuhan *grease* (kg/jam)

h : Harga *grease* per kg (Rp).

### 3.5.4 Pemeliharaan dan Perawatan

Perbedaan mendasar dari pemeliharaan dan perawatan adalah pada besarnya pekerjaan. Perbaikan besar (*major repair*) akan mempengaruhi nilai depresiasi alat dan umur alat berat. Perbaikan besar ini dihitung pada alat berat. Di sisi lain, perbaikan kecil (*minor repair*) merupakan pemeliharaan normal yang dihitung pada pekerjaan (Rostiyanti, 2008).

Total biaya perbaikan untuk alat yang bekerja berat = 90% harga alat, sedangkan untuk alat yang bekerja ringan = 60% harga alat. Penyebaran biaya perbaikan per tahun dibuat menurun sesuai dengan jumlah digit tahun (Asiyanto, 2008).

Contoh:

*Buldozer* seharga Rp 2.000.000.000,00

Umur ekonomi alat adalah 5 tahun

Jumlah digit tahun adalah :  $1+2+3+4+5=15$

Perkiraan biaya perbaikan :

Tahun 1 =  $1/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 6\%$  Harga alat

Tahun 2 =  $2/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 12\%$  Harga alat

Tahun 3 =  $3/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 18\%$  Harga alat

Tahun 4 =  $4/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 24\%$  Harga alat

Tahun 5 =  $5/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 30\%$  Harga alat

Biaya perbaikan per jam, dibagi standar jam kerja per tahun. Biaya perbaikan ini termasuk semua suku cadang dan mekanik (biasanya mekanik 34% dan suku cadang 64%).

### 3.5.5 Biaya Operator

Biaya operator meliputi upah serta biaya ekstra untuk asuransi bila ada. Biaya operator biasa dinyatakan dalam satuan perjam (Asiyanto, 2008).

$$\text{Biaya (per jam)} = \text{Upah bulanan} \div \text{jam kerja sebulan} \dots\dots\dots (3.13)$$

Biaya operator tergantung pada jumlah tenaga yang dikerjakan pada satu alat dan bergantung pada sistem penggajian perusahaan bersangkutan, bisa per jam, per hari atau per satuan pekerjaan (Asiyanto, 2008).

### 3.5.6 Mobilisasi dan Demobilisasi

Mobilisasi adalah pengadaan alat ke proyek konstruksi dan *demobilisasi* adalah pengembalian alat dari proyek setelah alat tersebut tidak digunakan kembali. Jadi biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mengangkut alat antara proyek dan garasi atau tempat penyimpanan alat. Biaya ini perlu diperhitungkan karena alat-alat berat umumnya, kecuali truk tidak berjalan sendiri menuju lokasi proyek tetapi diangkut dengan menggunakan *lowbed trailer* (Rostiyanti, 2008).

