

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Teori-teori yang diuraikan dalam bab ini merupakan teori yang relevan dengan substansi pembahasan tugas akhir.

#### **3.1. TINJAUAN UMUM**

Ahuja et al (1994) menyatakan proyek adalah serangkaian aktivitas yang terorganisir dengan gabungan dari berbagai sumber daya yang dihimpun dalam suatu wadah untuk mencapai sasaran dalam jangka waktu tertentu/terbatas dengan sumber daya tertentu/terbatas. Kegiatan proyek konstruksi merupakan kegiatan yang rumit dan saling tergantung antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain. Oleh karena itu dibutuhkan manajemen konstruksi yang baik agar kegiatan proyek berjalan sesuai yang diharapkan. Dengan meningkatnya tingkat kompleksitas proyek dan semakin langkanya sumber daya, maka dibutuhkan juga peningkatan sistem pengelola proyek yang baik dan terintegrasi.

Pada perencanaan pembangunan proyek yang menggunakan alat berat, salah satu hal yang perlu diperhatikan dengan seksama adalah cara menghitung kapasitas produksi suatu alat. Dengan diketahui perhitungan teoritis dan efisiensi kerja yang terjadi dilapangan sehingga dapat diketahui berapa nilai optimumnya.

#### **3.2. SIFAT TANAH**

Peurifoy (2006) menyatakan pengetahuan mengenai sifat, karakteristik, dan perilaku dari jenis tanah yang berbeda sangat dibutuhkan oleh perencana dan kontraktor pelaksana. Pelaksana pekerjaan akan melihat bagaimana tanah bekerja selama proses konstruksi. Kepadatan tanah adalah parameter yang paling sering digunakan untuk menetapkan suatu pekerjaan tanah karena adanya hubungan langsung antara sifat tanah dan kepadatannya.

Sifat-sifat tanah yang berkaitan dengan pekerjaan pemindahan, penggusuran, dan pemampatan tanah tentu perlu diketahui karena tanah yang dikerjakan akan mengalami perubahan volume dan kepadatannya.

Keadaan tanah yang mempengaruhi volume tanah diantaranya:

1. Keadaan asli (*insitu*)

Merupakan keadaan tanah asli yang masih belum terusik dan mengalami gangguan dari luar (digali, dipindahkan, diangkut, dilewati alat, dan dipadatkan). Keadaan tersebut dinyatakan sebagai *Bank Measure* (BM).

2. Keadaan gembur (*loose*)

Merupakan keadaan tanah asli setelah mengalami gangguan dari luar (digali, dipindahkan, dan diangkut). Dalam keadaan ini volume tanah akan berubah karena adanya penambahan rongga udara. Keadaan tersebut dinyatakan dengan %BM ( $BM + swell$ ). Dengan demikian volume tanah *loose* lebih besar dari tanah asli pada berat tanah yang sama.

3. Keadaan padat (*compact*)

Merupakan keadaan tanah setelah mengalami gangguan dari luar (dipadatkan). Dalam keadaan ini volume tanah akan berubah karena adanya penyusutan rongga udara. Dengan demikian volume tanah *compact* lebih kecil dari tanah asli pada berat yang sama.

Dalam perencanaan, perencana membutuhkan pengukuran volume yang konsisten. Demi mendapatkan hasil yang konsisten maka digunakan *shrinkage* dan *swell factor*. Faktor susut (*shrinkage factor*) adalah perbandingan antara berat dalam keadaan *compact* dengan berat dalam keadaan *bank*.

$$SnF = \frac{C}{B} \quad (3.1)$$

Keterangan:

SnF = *shrinkage factor* atau faktor susut

B = berat dalam keadaan *bank* (asli)

C = berat dalam keadaan *compact* (padat)

Berkurangnya volume tanah dari keadaan *bank* menjadi *compact* dinyatakan dalam %

$$Sn = \frac{C-B}{B} * 100 \quad (3.2)$$

Keterangan:

Sn = *shrinkage* atau susut

B = berat dalam keadaan *bank* (asli)

C = berat dalam keadaan *compact* (padat)

Faktor kembang (*swell factor*) adalah perbandingan antara berat dalam keadaan *loose* dengan berat dalam keadaan *bank*.

$$SwF = \frac{L}{B} \quad (3.3)$$

Keterangan:

SwF = *swell factor* atau faktor kembang

B = berat dalam keadaan *bank* (asli)

L = berat dalam keadaan *loose* (lepas)

Bertambahnya volume tanah dari keadaan *bank* menjadi *loose* dinyatakan dalam %

$$Sw = \left(\frac{B}{L} - 1\right) * 100 \quad (3.4)$$

Keterangan:

Sw = *swell*

B = berat dalam keadaan *bank* (asli)

L = berat dalam keadaan *loose* (lepas)

**Tabel 3.1 Representative Swell Of Earhand Rock**

<i>Material</i>	<i>Percent Swell</i>
<i>Clay, Dry</i> (Lempung, Kering)	35
<i>Clay, Wet</i> (Lempung, Basah)	35
<i>Earth, Dry</i> (Tanah, Kering)	25
<i>Earth, Wet</i> (Tanah Basah)	25
<i>Earth And Gravel</i> (Tanah Dan Kerikil)	20
<i>Gravel, Dry</i> (Kerikil, Kering)	12
<i>Gravel, Wet</i> (Kerikil, Basah)	14
<i>Limestone</i> (Gamping)	60
<i>Rock, Well Blasted</i> (Batu Pecah)	60
<i>Sand, Dry</i> (Pasir, Kering)	15

<i>Sand, Wet</i> (Pasir, Basah)	15
<i>Shale</i> (Batu Serpih)	40

Sumber: Peurifoy (2006)

### 3.3. KEMAMPUAN TENAGA MESIN

Untuk dapat menentukan alat yang sesuai dengan proyek yang akan dikerjakan dibutuhkan pengetahuan mengenai kemampuan mesin alat itu sendiri. Tenaga mesin dapat dikategorikan sebagai berikut: *power required*, *power available*, dan *power usable*.

#### 3.3.1. *Power Required*

*Power required* adalah tenaga yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya tahan yang melawan mesin dan membuat mesin bergerak. Gaya tahan (*resisting forces*) yang melawan mesin tersebut antara lain *rolling resistance* dan *grade resistance*.

##### 1. *Rolling Resistance* (Tahanan Gelinding)

Adalah gaya tahan permukaan (tanah) terhadap permukaan lain yang bergerak di atasnya. *Rolling resistance* juga sering disebut dengan *wheel resistance* (tahanan roda), dimana gaya tahanan yang dihasilkan disebabkan oleh gesekan permukaan roda dan permukaan tanah.

*Rolling resistance* dipengaruhi oleh:

- a. *Friction of mechanism*, yaitu pengaruh gesekan antara permukaan tanah dan permukaan ban. Dipengaruhi oleh keadaan/jenis permukaan tanah (licin, kasar, lembek, keras, dan sebagainya). Berlaku untuk roda dengan ban karet (*tire wheel*) maupun rantai (*track wheel*).
- b. *Tire flexing*, yaitu pengaruh kelenturan ban (tekanan angin) terhadap permukaan tanah dan berlaku untuk roda dengan ban karet (*tire wheel*).

- c. *Tire penetraion*, yaitu pengaruh tekanan ban terhadap permukaan tanah (tekanan angin, ukuran ban, dan bentuk kembangan) dan berlaku berlaku untuk roda dengan ban karet (*tire wheel*).
- d. *Gross Vehicle Weight* (GVW), yaitu berat total kendaraan + muatan diatasnya. berlaku untuk untuk roda dengan ban karet (*tire wheel*) maupun rantai (*track wheel*).

Untuk menentukan *Rolling Resistance* digunakan persamaan berikut:

$$RR = [40 + (30 * TP)] * GVW \quad (3.5)$$

Keterangan:

RR = *Rolling Resistance*

TP = *Tire Penetration*

GVW = *Gross Vehicle Weight*

## 2. *Grade Resistance* (Tahanan Akibat Landai Permukaan)

Saat alat berat digunakan pada medan yang menanjak, tenaga yang dibutuhkan alat berat untuk berjalan akan bertambah. Saat menanjak kemiringannya didefinikan positif. Kemiringan positif akan melambatkan alat berat. Perlambatan dan tenaga yang dibutuhkan berbanding lurus dengan % naiknya landai permukaan. Hal ini disebut sebagai *grade resistance*.

Sedangkan, Saat alat berat digunakan pada medan yang menurun, tenaga yang dibutuhkan alat berat untuk berjalan akan berkurang. Saat menurun kemiringannya didefinikan negaif. Kemiringan negatif akan menambah laju alat berat. Laju dan tenaga yang dibutuhkan berbanding lurus dengan % turunnya landai permukaan. Hal ini disebut dengan *grade assistance*.

$$\frac{GR}{GA} = \%grade * 20lbs/ton \quad (3.6)$$

Keterangan:

GR = *Grade Resistance*

GA = *Grade Assistance*

### 3. Total Resistance

Total resistance adalah total keseluruhan dari *rolling resistance* dan *grade resistance*.

a. Jalan menanjak

Power required = rolling resistance + grade resistance

b. Jalan menurun

Power required = rolling resistance - grade resistance

### 4. Rimpull (Tenaga Roda)

Adalah gaya traksi yang bekerja pada permukaan roda ban karet dengan permukaan tanah. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung *rimpull*:

$$rimpull = \frac{375 * hp * efficiency}{speed} \quad (3.7)$$

Keterangan:

Rimpull = tenaga roda

Hp = tenaga mesin (*horse power*)

Efficiency = % efisiensi

Speed = kecepatan alat

### 5. Drawbar Pull (Tenaga Tarik)

Adalah tenaga yang digunakan untuk menarik muatan pada kait (*hook*) di belakang traktor. *Drawbar pull* (DBP) berlaku untuk alat berat dengan roda *crawler*. Jika sebuah *crawler tractor* menarik muatan pada permukaan landai, DBP akan berkurang 20 lbs/ton berat traktor untuk tiap 1% kelandaian.

Peurifoy (2006) menyatakan berdasarkan pada Pengujian Nebraska, dinyatakan bahwa suatu traktor untuk menentukan DBP maksimumnya pada setiap kecepatan yang terjadi, *Rolling Resistance* (RR) pada lintasan angkutnya adalah 110 lbs/ton. Jika traktor digunakan pada lintasan angkut yang RR-nya lebih besar atau lebih kecil dari 110 lbs/ton, maka DBP-nya akan bertambah atau berkurang berbanding lurus dengan selisih jumlah yang sama dengan berat traktor dalam ton dikalikan dengan selisih RR lintasan angkut tersebut dari 110 lbs/ton.

#### 6. Koefisien Traksi

Total tenaga mesin (HP) yang dihasilkan, tujuan utamanya adalah untuk menarik beban muatannya. Hal itu dapat terjadi jika adanya gesekan yang cukup antara roda dan permukaan tanah. Apabila gesekan tersebut kurang, tenaga mesin yang maksimal pun tidak dapat bekerja, karena roda atau rantai traktor akan slip.

#### 7. Altitude (Ketinggian Lokasi Kerja)

Pada umumnya, pengoperasian alat pada ketinggian akan menyebabkan berkurangnya tenaga mesin seiring dengan berkurangnya tekanan udara. Berkurangnya tekanan udara menyebabkan berkurangnya udara persatuan volume, dimana untuk bekerja dengan optimal mesin membutuhkan banyak udara. Sehingga untuk memperoleh efisiensi maksimum dari sebuah mesin, pembakarannya diperlukan perbandingan bahan bakar dan udara yang tepat.

Jadi dapat disimpulkan bahwa berkurangnya tenaga mesin (HP) berbanding lurus dengan bertambahnya ketinggian lokasi kerja terhadap elevasi muka air laut.

### **3.3.2. Power Usable (Tenaga Roda)**

Merupakan tenaga yang dapat dimanfaatkan berkaitan dengan besarnya koefisien traksi dan berat alat beserta muatannya. *Power usable* diharapkan untuk dapat mengatasi besar dari *power required*. Dengan demikian dalam setiap proyek diusahakan agar besarnya RR dan GR/GA dapat ditekan sekecil mungkin. Hal ini berarti jalan atau lintasan kerja alat berat diusahakan tidak landai (datar) untuk menaikkan efisiensi pekerjaan.

## **3.4. ALAT BERAT**

Rochmanhadi (1985) menyatakan alat-alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Tujuan dari penggunaan 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.

### **3.4.1. Wheel Loader**

*Wheel loader* adalah traktor beroda ban dengan bucket didepannya. Dengan kemampuan traksi yang besar, loader digunakan untuk mengangkat, memuat, menggusur, dan membuang muatan.

Terdapat 2 faktor penting dalam pemilihan penggunaan *loader*, yaitu jenis material dan volume material. *Wheel loader* dapat bekerja sangat baik untuk pekerjaan dengan material *soft* sampai *medium-hard*, dan begitu sebaliknya saat digunakan untuk material yang *hard* kapasitas produksinya akan menurun drastis. *Loader* membutuhkan permukaan tanah yang relatif rata dan ruang yang luas agar dapat melakukan *maneuver* dengan leluasa.

*Wheel loader* bekerja dalam siklus yang berulang. Dalam prosesnya *loader* akan mengangkat, memuat, menggusur, dan membuang muatan. Kapasitas produksi wheel loader dipengaruhi oleh:

1. *Fixed cycle time* (waktu siklus), waktu yang dibutuhkan untuk memuat *bucket*, melakukan *maneuver*, dan membuang muatan
2. Waktu yang dibutuhkan *loader* untuk berpindah dari lokasi muat ke lokasi buang
3. Waktu yang dibutuhkan *loader* untuk kembali ke lokasi muat dari lokasi buang
4. Volume material yang dimuat tiap siklus

Untuk menghitung produksi *wheel loader* digunakan rumus sebagai berikut:

1. Produksi per jam (Q)

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \quad (3.8)$$

Dimana:

Q = produksi per jam

q = produksi per siklus

C<sub>m</sub> = waktu siklus

E = efisiensi kerja

2. Produksi per siklus/kapasitas aktual bucket (q)

$$q = q_1 \times K \quad (3.9)$$

Dimana:

q = produksi per siklus

q<sub>1</sub> = kapasitas bucket

K = faktor bucket

Banyaknya tanah yang dapat dikeruk oleh bucket dipengaruhi oleh tipe dan keadaan tanah saat itu.

**Tabel 3.2 Fill Factor (Faktor Bucket)**

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar air sedang.	1,0 : 0,8
Sedang	Menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, <i>gravel</i> yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat <i>gravel</i> langsung dari bukit <i>gravel</i> asli	0,8 : 0,6
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan kadar air tinggi, yang telah di <i>stockpile</i> oleh <i>excavator</i> lain. Sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material tersebut	0,6 : 0,5
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan di antaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu bundar, tanah berpasir tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk <i>bucket</i> .	0,5 : 0,4

Sumber: Rochmanhadi (1985)

### 3. Waktu siklus (Cm)

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.10)$$

Dimana:

D = jarak angkut

F = kecepatan maju

R = kecepatan mundur

Z = waktu tetap

**Tabel 3.3 Waktu Tetap (Menit)**

Mesin	Pemuatan Bentuk V	Pemuatan Melintang	Muat & Angkut
-------	-------------------	--------------------	---------------

Mesin gerak langsung	0,25	0,35	-
Mesin gerak hidrolis	0,20	0,30	-
Mesin gerak TORQFLOW	0,20	0,30	0,35

Sumber: Rochmanhadi (1985)

#### 4. Efisiensi kerja (E)

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu produktif dengan waktu kerja yang tersedia. Efisiensi kerja tergantung pada banyak faktor seperti: topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan, dan sebagainya yang menyangkut operasi alat. Pekerja atau alat berat tidak mungkin bekerja terus – menerus dalam 60 menit/ 1 jam, karena hambatan - hambatan kecil akan selalu terjadi, misalnya: menunggu alat, pemeliharaan dan pelumasan mesin, operator istirahat, dan lain – lain.

Dalam kenyataannya memang sulit untuk menentukan besarnya efisiensi kerja, namun dengan dasar pengalaman di lapangan maka dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan.

**Tabel 3.4 Efisiensi Kerja**

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,47	0,32

Sumber: Rochmanhadi (1985)

### 3.4.2. Excavator

*Excavator* adalah alat penggali hidrolis yang memiliki bucket yang dipasangkan didepannya. *Excavator* terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Bagian atas atau *revolving unit*

Bagian ini memiliki sebuah komponen yang disebut kabin atau bisa dikatakan ruang kerja operator. Kabin tersebut berada di atas roda dan dapat berputar 360 derajat. Hal ini membuat *excavator* dapat menggali ke berbagai sisi *excavator* tanpa harus melakukan maneuver berpindah-pindah lokasi.

2. Bagian attachment atau *work unit*

Bagian ini terdiri dari *boom*, *arm*, silinder hidrolis, dan *bucket*. Susunannya sangat mirip dengan tangan yang terdiri dari lengan atas, lengan bawah, dan tangan. Bagian ini bekerja mirip dengan tangan yang berayun kedalam dimana *bucket* adalah telapak tangan yang digunakan untuk menggali.

3. Bagian bawah atau *travel unit*

Terdapat dua jenis yaitu tipe roda dan tipe *crawler track*. Tipe beroda ban biasa digunakan pada proyek dan *maintenance* di perkotaan, dimana roda ban tidak akan merusak permukaan jalan aspal. Sedangkan tipe *crawler track*, jenis yang paling umum digunakan dapat digunakan pada medan yang lebih beragam.

Untuk menghitung produksi wheel loader digunakan rumus sebagai berikut:

1. Produksi per jam (Q)

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{cm} \quad (3.11)$$

Dimana:

- $Q$  = produksi per jam  
 $q$  = produksi per siklus  
 $C_m$  = waktu siklus  
 $E$  = efisiensi kerja

## 2. Produksi per siklus/kapasitas aktual bucket ( $q$ )

$$q = q_1 \times K \quad (3.12)$$

Dimana:

- $q$  = produksi per siklus  
 $q_1$  = kapasitas bucket  
 $K$  = faktor bucket

Banyaknya tanah yang dapat dikeruk oleh bucket dipengaruhi oleh tipe dan keadaan tanah saat itu.

**Tabel 3.5 Fill Factor (Faktor Bucket)**

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar air sedang.	1,0 : 0,8
Sedang	Menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, <i>gravel</i> yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat <i>gravel</i> langsung dari bukit <i>gravel</i> asli	0,8 : 0,6
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan kadar air tinggi, yang telah di <i>stockpile</i> oleh <i>excavator</i> lain. Sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material tersebut	0,6 : 0,5
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan di antaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu bundar, tanah berpasir tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk <i>bucket</i> .	0,5 : 0,4

Sumber: Rochmanhadi (1985)

## 3. Waktu siklus (Cm)

$$Cm = \text{waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} \quad (3.13)$$

Tabel 3.6 Waktu Gali (Detik)

Kondisi Gali/ Kedalaman Gali	Ringan	Rata-rata	Agak Sulit	Sulit
0 m – 2 m	6	9	15	26
2 m – 4 m	7	11	17	28
4 m - lebih	8	13	19	30

Sumber: Rochmanhadi (1985)

Tabel 3.7 Waktu Putar (Detik)

Sudut Putar	Waktu Putar
45° - 90°	4 - 7
90 - 180°	5 - 8

Sumber: Rochmanhadi (1985)

Tabel 3.8 Waktu Buang (Detik)

Kondisi Buang	Waktu Buang
Ke dalam dumptruck	5 - 8
Ke tempat pembuangan	3 - 6

Sumber: Rochmanhadi (1985)

## 4. Efisiensi kerja (E)

Tabel 3.9 Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63

Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,47	0,32

Sumber: Rochmanhadi (1985)

### 3.4.3. *Dump Truck*

*Dump truck* sangat efisien untuk melakukan pengangkutan jarak jauh. Namun, alat ini juga memiliki kekurangan dibanding alat lain karena *dump truck* memerlukan alat lain untuk memuat material. Dalam pemilihan *dump truck* ada beberapa faktor yang perlu dicermati, yaitu jenis material dan jenis alat pemuat (*excavator* atau *loader* pemuat).

Untuk menghitung produksi *dump truck* digunakan rumus sebagai berikut:

1. Produksi per jam (Q)

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \quad (3.14)$$

Dimana:

Q = produksi per jam

q = produksi per siklus

C<sub>m</sub> = waktu siklus

E = efisiensi kerja

2. Produksi per siklus/kapasitas aktual bucket (q)

$$q = n \times q_1 \times K \quad (3.15)$$

Dimana:

$q$  = produksi per siklus

$n$  = Jumlah siklus *loader* untuk memuat *dump truck*

$q_1$  = kapasitas *bucket*

$K$  = faktor *bucket*

### 3. Waktu siklus ( $C_m$ )

$$C_m = n \times C_{m_L} + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \quad (3.16)$$

Dimana:

$C_m$  = waktu siklus

$n$  = Jumlah siklus *loader* untuk memuat *dump truck*

$C_{m_L}$  = waktu siklus *loader*

$D$  = jarak angkut

$V_1$  = kecepatan muat

$V_2$  = kecepatan kosong

$t_1$  = waktu buang

$t_2$  = waktu kembali

**Tabel 3.10 Batas Kecepatan**

Kecepatan	Datar		Menanjak		Menurun	
	Dengan Beban	Tanpa Beban	Dengan Beban	Tanpa Beban	Dengan Beban	Tanpa Beban
	30 km/jam	50 km/jam	20 km/jam	40 km/jam	20 km/jam	40 km/jam

Sumber: Rochmanhadi (1985)

**Tabel 3.11 Waktu Bongkar dan Waktu Tunggu (Menit)**

Kondisi Operasi Kerja	$t_1$
-----------------------	-------

Baik	0,5 – 0,7
Sedang	1,0 – 1,3
Kurang	1,5 – 2,0

Sumber: Rochmanhadi (1985)

**Tabel 3.12 Waktu Tetap atau Waktu Pengambilan Posisi (Menit)**

Kondisi Operasi Kerja	$t_2$
Baik	0,1 – 0,2
Sedang	0,25 – 0,35
Kurang	0,4 – 0,5

Sumber: Rochmanhadi (1985)

4. Jumlah siklus *loader* untuk memuat *dump truck* (n)

$$n = \frac{C}{q \times K} \quad (3.17)$$

Dimana:

n = Jumlah siklus *loader* untuk memuat *dump truck*

C = kapasitas *dump truck*

q = kapasitas *bucket loader*

K = Faktor *bucket*

5. Jumlah *dump truck* (M)

$$M = \frac{cm}{n \times cm_L} \quad (3.18)$$

Dimana:

M = jumlah *dump truck*

n = Jumlah siklus *loader* untuk memuat *dump truck*

$Cm_L$  = Waktu siklus *loader*

**Tabel 3.13 Jumlah Alat Standby**

Jenis Alat	Jumlah Alat Yang Bekerja	Jumlah Alat Standby
<i>Dump truck</i>	1 – 9	1
	10 – 19	2 – 3
<i>Loader</i>	1 – 3	1
	4 – 9	2

Sumber: Rochmanhadi (1985)

#### 3.4.4. Bulldozer

*Dozer* digunakan untuk pembersihan lahan dan meratakan tanah. Dalam pemilihan *dozer* ada beberapa faktor yang perlu dicermati, salah satunya yaitu jenis material, umur alat, dan kapasitas *blade*-nya.

Untuk menghitung produksi *dozer* digunakan rumus sebagai berikut:

1. Produksi per jam (Q)

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \quad (3.19)$$

Dimana:

Q = produksi per jam

q = produksi per siklus

Cm = waktu siklus

E = efisiensi kerja

2. Produksi per siklus/kapasitas aktual *bucket* (q)

$$q = L \times H^2 \times a \quad (3.20)$$

Dimana:

q = produksi per siklus

L = lebar *blade*

H = tinggi *blade*

a = faktor *blade*

**Tabel 3.14 Faktor Blade**

Jenis Penggusuran	Keterangan	Faktor Sudut
Ringan	Penggusuran dapat dilaksanakan dengan sudut penuh. Tanah lepas: Kadar air rendah, tanah berpasir tak dipadatkan, tanah biasa, material <i>stockpile</i> .	1,1 – 0,9
Sedang	Tanah lepas, tetapi tidak mungkin menggusur dengan sudut penuh: tanah bercampur kerikil atau split, pasir, batu pecah	0,9 – 0,7
Agak Sulit	Kadar air tinggi dan tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sangat kering, dan tanah asli.	0,7 – 0,6
Sulit	Batu-batu hasil ledakan, batu-batu berukuran besar.	0,6 – 0,4

Sumber: Rochmanhadi (1985)

### 3. Waktu siklus (Cm)

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.21)$$

Dimana:

- D = jarak angkut  
 F = kecepatan maju  
 R = kecepatan mundur  
 Z = waktu tetap

Menurut Rochmanhadi (1985) menyatakan bahwa biasanya kecepatan maju berkisar antara 3-5 km/jam dan kecepatan mundur antara 5-7 km/jam. Jika mesin menggunakan TORQFLOW maka kecepatan maju diambil 0,75 dari maksimum sedangkan kecepatan mundur 0,85 maksimum.

**Tabel 3.15 Waktu Tetap (Menit)**

Mesin		Waktu Ganti Persnelling
Mesin gerak langsung	Tongkat tunggal	0,10
	Tongkat ganda	0,02
Mesin gerak TORQFLOW		0,05

Sumber: Rochmanhadi (1985)

### 3.4. BIAYA ALAT

Di dalam menghitung Perkiraan Biaya dengan menggunakan alat-alat berat sangatlah perlu mengetahui biaya utama untuk keperluan tersebut. Biaya utama adalah biaya dalam rupiah untuk satu satuan volume, luas, panjang, dan sebagainya yang dihasilkan oleh alat yang bersangkutan untuk satu jenis pekerjaan. Biaya utama biasanya dihitung untuk satu alat, tetapi dapat juga untuk satu armada alat. Armada alat adalah satu grup atau beberapa alat yang bekerja bersama atau pun secara estafet dalam melakukan suatu pekerjaan.

Berikut adalah urutan pemikiran dan pelaksanaan perhitungan untuk memperoleh biaya pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat berat.

1. Survey/pemeriksaan keadaan lapangan.

## 2. Pengumpulan data dan pengolahan data

Data yang diperlukan adalah:

- a. Data peralatan
- b. Data harga bahan bakar, pelumas, dan lain-lain
- c. Data harga bangunan
- d. Data tenaga kerja
- e. Data jalan angkut
- f. Data peraturan-peraturan setempat
- g. Dan sebagainya

Dengan sendirinya bahwa data-data tersebut adalah data-data yang diperlukan untuk perhitungan pelaksanaan pekerjaan dan untuk pelaksanaan pekerjaannya sendiri.

- a. Bagan waktu dan waktu pelaksanaan
- b. Volume pekerjaan
- c. Volume pekerjaan diperoleh dari perhitungan dan gambar rencana dari hasil survey dan pengukuran dilapangan. Dalam menghitung volume pekerjaan juga harus memperhitungkan semua factor yang mungkin mempengaruhi, seperti:

- 1) Faktor konversi tanah antara tanah asli, tanah gembur, tanah padat dan sebagainya
- 2) Factor yang menyebabkan bertambahnya atau pun berkurangnya volume misalnya: pengendapan lumpur, gugusan tebing, dan sebagainya.

### d. Target volume pekerjaan

Target pelaksanaan pekerjaan sangat erat hubungannya dengan pemilihan alat dan perhiungan kapasias dan produksi alat, karena dari target dan kapasitas produksi kita dapat menentukan berapa jumlah alat yang kita butuhkan dalam suatu jangka waktu untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Target pelaksanaan pekerjaan ini adalah angka yang harus kita jadikan patokan bekerja selama suatu jangka waktu, misalnya:

- 1) Beberapa m<sup>3</sup> per jam, per minggu atau per bulan
  - 2) Beberapa km per minggu, per bulan atau pertahun
  - 3) Beberapa m<sup>2</sup> per jam, per minggu atau per bulan
  - 4) Dan sebagainya.
- e. Jumlah alat yang dibutuhkan

Jumlah peralatan yang dibutuhkan sangat tergantung pada hal-hal berikut:

- 1) Volume pekerjaan
- 2) Dari pemilihan alat dan cara pelaksanaan pekerjaan
- 3) Kondisi medan
- 4) Kondisi cuaca
- 5) Dan sebagainya

Jumlah peralatan yang dibutuhkan:

$$\frac{\text{target volume pekerjaan } (\frac{m^3}{jam}, \frac{m^2}{jam}, \frac{m}{jam})}{\text{kapasitas /produksi alat } (\frac{m^3}{jam}, \frac{m^2}{jam}, \frac{m}{jam})} \quad (3.22)$$

3. Lampiran-lampiran yang merupakan data pelengkap untuk perhitungan perlu disertakan antara lain:
  - a. Upah tenaga kerja
  - b. Daftar harga dan spesifikasi alat
  - c. Daftar harga bangunan setempat
  - d. Daftar harga satuan beton dan tulangan.