

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada perencanaan proyek yang menggunakan alat berat, hal yang perlu diperhatikan yaitu bagaimana menghitung kapasitas operasi suatu alat. Oleh karena itu perlu diketahui teori dan kemampuan memperkirakan efisiensi kerja. Sehingga dapat diperkirakan dengan tepat penyelesaian suatu volume tanah yang akan dikerjakan menggunakan alat berat.

3.1 Proyek Konstruksi

Proyek merupakan sekumpulan aktivitas yang saling berhubungan dimana ada titik awal dan titik akhir serta hasil tertentu. Proyek biasanya bersifat lintas fungsi organisasi sehingga membutuhkan berbagai keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Setiap proyek adalah unik, bahkan tidak ada dua proyek yang persis sama. Proyek adalah aktivitas sementara dari personil, material, serta sarana untuk menjadikan / mewujudkan sasaran-sasaran proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir (PT. Pembangunan Perumahan, 2003).

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Suatu rangkaian kegiatan dalam proyek konstruksi dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu kegiatan rutin dan kegiatan proyek. Kegiatan rutin adalah suatu rangkaian kegiatan terus-menerus yang berulang dan berlangsung lama, sementara kegiatan proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya dalam jangka waktu yang pendek (Ervianto, 2002).

3.2 Pengertian Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Alat berat dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan

pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Alat berat merupakan faktor penting dalam pelaksanaan proyek terutama proyek besar yang tujuannya untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya lebih baik (Rostiyanti, 2002)

Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain (Wilopo, 2009) :

1. Waktu pekerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikerjar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar, melaksanakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis, karena efisien, ketebatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan memakai peralatan berat.

3.3 Manajemen Alat Berat

Manajemen alat berat merupakan suatu proses manajemen terhadap semua aspek alat berat sepanjang usisa hidupnya mulai dari proses pemilihan sampai peremajaan.

Menurut Rostiyanti (2002), Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu. Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana.

Faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat antara lain sebagai berikut:

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.

3. Cara Operasi

Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal 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

3.4 Sifat-Sifat Tanah

Sebelum pekerjaan tanah dilaksanakan, terlebih dahulu harus diketahui sifat dari tanah tersebut. Sifat-sifat tanah sehubungan dengan pekerjaan pemindahan, penggusuran dan pemampatan perlu diketahui, karena tanah yang sudah dikerjakan akan mengalami perubahan volume antara lain :

1. Keadaan asli (*insitu*), yaitu keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (dilintasi peralatan, digali, dipindahkan, diangkut dan dipadatkan)
2. Keadaan gembur (*loose*), yaitu material tanah yang telah digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara di antara butiran-butiran material
3. Keadaan padat (*compact*), keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan), dimana volume akan menyusut. Perubahan volume terjadi dikarenakan adanya pemadatan rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut.

Sehingga dapat dilihat pada Tabel 3.1 sifat beberapa macam tanah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah

No	Jenis Tanah	Swell (%)	Load Factor
1	Lempung kering	35	0,74
2	Lempung basah	35	0,74
3	Tanah kering	25	0,80
4	Tanah basah	25	0,80
5	Tanah dan kerikil	20	0,83
6	Kerikil kering	12	0,89
7	Kerikil basah	14	0,88
8	Batu Kapur	60	0,63

Sumber: *Construction Planning, Equipment and Methods* (1998)

Lanjutan Tabel 3.1 Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah

No	Jenis Tanah	Swell (%)	Load Factor
9	Batu hasil peledakan	60	0,63
10	Pasir kering	15	0,87
11	Pasir basah	15	0,87
12	Batuan sedimen	40	0,71

Sumber: *Construction Planning, Equipment and Methods* (1998)

Sifat-sifat tanah yang disebutkan di atas dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut, karena apabila tanah dipindahkan dari tempat aslinya selalu akan menjadi perubahan isi dan kepadatannya dari keadaan tanah asli. Oleh sebab itu dari data-data tanah di atas dikonversikan pada Tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Konversi Tanah

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan Dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	(A)	1,00	1,11	0,95
	(B)	0,90	1,00	0,86
	(C)	1,05	1,17	1,00
Tanah biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Tanah liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah campuran kerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,03
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil kasar	(A)	1,00	1,42	1,29
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan cadas/ Batuan keras	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,10	1,00

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Lanjutan Tabel 3.2 Konversi Tanah

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan Dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pecahan granit	(A)	01.00	1,7	1,31
	(B)	0,59	1	0,77
	(C)	0,76	1,3	1
Pecahan batu	(A)	1	1,75	1,4
	(B)	0,57	1	0,8
	(C)	0,71	1,24	1
Batuan hasil peledakan	(A)	1	1,8	1,3
	(B)	0,56	1	0,72
	(C)	0,77	1,38	1

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Keterangan:

- (A) Tanah asli
- (B) Tanah lepas
- (C) Tanah padat

3.5 Cara Kerja Alat

3.5.1 *Excavator*

Pekerjaan penggalian tanahawali dengan *excavator bucket* dijulurkan kedepan galian. Kemudian apabila bucket telah pada posisi yang diinginkan *bucket* diayunkan atau dicangkulkan kebawah dngan lengan *bucket* diputar kearah atas. Setelah *bucket* terisi penuh dengan tanah maka *bucket* diangkat dan dilakukan *swing* ketempat pembuangannya. Pada penggalian parit, letak *track excavator* harus sedemikian rupa sehingga arahnya sejajar dengan arah memanjang parit, kemudian *excavator* berjalan mundur.



Gambar 3.1 Excavator Komatsu PC200

(Sumber: *construction week online*, 2014)

3.5.2 *Dump truck*

Dump truck adalah alat angkut jarak jauh, sehingga jalan angkut yang dilalui dapat berupa jalan datar, tanjakan dan turunan. Untuk mengendarai *dump truck* pada medan yang berbukit diperlukan keterampilan operator atau sopir. Operator harus segera mengambil tindakan gigi ke gigi rendah apabila mesin mulai tidak mampu bekerja pada gigi yang tinggi. Hal itu perlu dilakukan agar *dump truck* tidak berjalan mundur karena tidak mampu menanjak pada saat terlambat memindah pada gigi yang rendah. Pada jalan yang menurun perlu juga dipertimbangkan menggunakan gigi yang rendah, karena kebiasaan berjalan pada gigi yang tinggi dengan hanya mengandalkan rem (*brakes*) sangat berbahaya dan dapat berakibat kurang baik.

Operator sangat berperan penting dalam menempatkan *dump truck* pada waktu muat, karena produksi dari organisasi alat angkut dan gali ditentukan pada saat muat ini. Menempatkan *dump truck* dengan cepat pada posisi untuk dimuati agar *swing* dari alat sekecil-kecilnya. Operator alat gali biasanya akan mengatur penempatan *dump truck* yang akan dimuati, khusus untuk *dump truck* yang besar, pembantu sopir sangat diperlukan dalam mengatur penempatan *dump truck* pada posisi muat yang baik. *Dump truck* sebaiknya ditempatkan membelakangi alat gali,

atau searah dengan *swing* alat gali agar memudahkan pemuatan. Khusus pada pemuatan batu-batu yang besar dengan menggunakan alat gali yang besar sebaiknya *dump truck* menghadap ke alat gali, agar batu-batu tidak menimpa kabin *dump truck*.

Pada saat membuang muatan (*dumping*) operator harus memastikan bahwa roda-roda diatas permukaan yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban-ban tidak terperosok ke dalam tanah yang kurang baik, misalnya pada permukaan tanah hasil buangan sebelumnya. Sedangkan pada saat pengangkutan ataupun kosong yang perlu dihindari yaitu agar tidak terjadi slip. Selip merupakan keadaan keadaan mendatar ke samping dan kendaraan tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip in biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat dari pada yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat dari pada gerakan kendaraan, misalnya pada saat posisi kendaraan melakukan rem, atau dapat terjadi pada tikungan tajam tetapi posisi kendaraan dalam kecepatan tinggi.



Gambar 3.2 Dump truck Hino

(Sumber: Duta Hino, 2017)

3.5.3 Bulldozer

Dalam proses pengerjaan menggunakan *bulldozer*, ada dua teknik yang lazim digunakan yaitu side dozing dan juga slot dozing. Side dozing merupakan dua dozer dihindarkan sedekat mungkin untuk menghindari keluarnya material dari pisau Sedangkan slot dozing ialah melakukan beberapa lintasan dan membiarkan

tanah yang berceceran dikiri dan kanan dozer. Hal ini merupakan penghalang terhadap tercecernya tanah pada lintasan berikutnya.

Kedua hal ini sangat berbeda, di mana *side dozing* merupakan teknik yang melibatkan dua *bulldozer* dengan masing-masing pisau yang dihimpitkan sedekat mungkin. Sementara itu, pada *slot dozing*, operator akan memasang semacam penghalang pada pisau untuk menghindari keluarnya material ketika bersentuhan dengan pisau.



Gambar 3.3 Bulldozer Caterpillar D6G
(Sumber: *Delta Heavy Machinery*, 2015)

3.6 Metode Perhitungan Produksi Alat Berat

3.6.1 Kapasitas Produksi Alat

Kapitasitas produksi alat berat pada umumnya dinyatakan dalam satuan m³ per jam. Kapasitas produksi alat dinyatakan dalam rumus berikut (Rochmanhadi, 1987).

$$Q = q \times N \times E = q \times \frac{60}{Cm} \times E \quad (3.1)$$

Dimana :

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
- q = Produksi per siklus (m³)
- N = Jumlah siklus per jam, N = 60/Cm
- E = Efisiensi kerja
- Cm = Waktu siklus dalam menit

3.6.2 Efisiensi Kerja

Produktivitas alat pada kenyataan di lapangan tidak sama jika dibandingkan dengan kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktivitas per jam alat harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktivitas standar alat pada kondisi ideal dikalikan faktor yang disebut efisiensi kerja. Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Sebagai pendekatan dapat dipergunakan Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Efisiensi Kerja

KONDISI OPERASI ALAT BERAT	PEMELIHARAAN MESIN				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
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	0,42	0,32

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Selain dengan menggunakan faktor efisiensi kerja diatas dapat juga digunakan berdasarkan pengalaman pemakaian peralatan di lingkungan DPU (departemen Pekerjaan Umum), maka besaran faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi peralatan, ditetapkan sebagai berikut:

1. Faktor peralatan
 - a. Untuk peralatan yang masih baru = 1,00
 - b. Untuk peralatan yang baik (lama) = 0,90
 - c. Untuk peralatan yang rusak ringan = 0,80
2. Faktor operator
 - a. Untuk operator kelas I = 1,00
 - b. Untuk operator kelas II = 0,80
 - c. Untuk operator kelas III = 0,70

3. Faktor material
 - a. Faktor kohesif = 0,75 – 1,00
 - b. Faktor non kohesif = 0,60 – 1,00

4. Faktor manajemen dan sifat manusia
 - a. Sempurna = 1,00
 - b. Baik = 0,92
 - c. Sedang = 0,82
 - d. Buruk = 0,75

5. Faktor cuaca
 - a. Baik = 1,00
 - b. Sedang = 0,80

6. Faktor kondisi lapangan
 - a. Berat = 0,70
 - b. Sedang = 0,80
 - c. Ringan = 1,00

Efisiensi kerja dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini

(Rohchmanhadi, 1987) :

$$\text{Efisien (E)} = EO \times EA \times EC \times EI \times EM \quad (3.2)$$

Dimana :

EO = Efisiensi Operator

EA = Efisiensi Alat

EC = Efisiensi Cuaca

EL = Efisiensi Lokasi

EM = Efisiensi Manajemen dan Sifat Manusia

3.7 Pemilihan Peralatan Pekerjaan Tanah

3.7.1 Excavator

Excavator merupakan alat yang digunakan untuk menggali dan memuat tanah galian kedalam *dump truck* atau ke tempat penumpukan. Produktivitas *excavator* dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

a. *Bucket Capacity* (ukuran *bucket*)

Semakin besar ukuran *bucket* maka volume material yang terambil setiap *cycle* akan semakin besar.

b. *Swell Factor*

Swell factor adalah sifat fisik material yang diukur dari perubahan volume padat / *bank* (Bcm) menjadi volume gembur / *loose* (Lcm).

c. *Bucket Fill Factor*

Persentasi / porsi *bucket* yang terisi material terhadap total kapasitas *bucket*.

d. *Cycle Time*

Waktu yang diperlukan untuk proses pemuatan material ke *dump truck*.

Cycle time unit *hydraulic excavator* meliputi waktu :

- *Digging* (penggalian material)
- *Swing loaded* (gerakan *swing* dengan muatan)
- *Dumping* (penumpahan material ke vessel)
- *Swing empty* (gerakan *swing* kosongan)

e. *Job Efficiency Factor*

Faktor koreksi ini digunakan untuk mendapatkan gambaran produksi yang sebenarnya. Untuk menentukan faktor efisiensi ini perlu disesuaikan dengan kondisi operasi yang sebenarnya

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi, 1987):

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \quad (3.3)$$

Dimana:

Q = Produksi per jam (m³/jam)

- q = Produksi per siklus (m^3)
 E = Efisiensi kerja
 C_m = Waktu siklus dalam menit

Sedangkan kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987):

Rumus kapasitas *bucket*

$$q = q' \times K \quad (3.4)$$

Dimana:

- q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat
 K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Untuk menentukan faktor *bucket* diperlukan data yang sesuai dengan apa yang dikerjakan *excavator* di lapangan.

Tabel 3.4 Faktor *Bucket Excavator*

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 kolidial 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, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit gravel asli	0,8 : 0,6

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Lanjutan Tabel 3.3 Faktor *Bucket Excavator*

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
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 stockpile 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 (1986)

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987):

$$C_m = \text{Waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} \quad (3.5)$$

Keterangan : waktu gali/muat, besarnya dipengaruhi kondisi galian dan kedalaman maksimum galian.

Tabel 3.5 Waktu Gali *Excavator*

KEDALAMAN	KONDISI GALIAN			
	Ringan	Rata-rata	Agak sulit	Sulit
0-2 m	6 dtk	9 dtk	15 dtk	26 dtk
2-4 m	7 dtk	11 dtk	17 dtk	28 dtk
4 m	5 dtk	13 dtk	19 dtk	30 dtk

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Waktu putar dipengaruhi sudut dan kecepatan putar, menggunakan tabel dibawah ini:

Tabel 3.6 Waktu Putar *Excavator*

SUDUT PUTAR	WAKTU PUTAR
45° - 90 °	4 – 7 dtk
90° - 180 °	5 – 8 dtk

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Waktu buang tergantung kondisi pembuangan,

- a) Dalam *dump truck* = 5 – 8 detik
- b) Ketempat pembuangan = 3 – 6 detik

3.7.2 *Dump truck*

Dump truck merupakan alat yang digunakan untuk mengangkut bahan material seperti pasir, krikil, atau material lainnya untuk keperluan konstruksi. Untuk memuat material kedalam *dump truck* dibantu oleh alat pemuat sedangkan untuk membongkar muatan alat berat ini dapat bekerja sendiri dengan mengangkat bagian bak dengan menggunakan teknologi hidrolik. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *dump truck* :

1. *Dump truck* kecil

Keuntungan :

- a. Lebih lincah dalam beroperasi
- b. Lebih mudah dalam beroperasi
- c. Lebih *flexible* dalam pengangkutan jarak dekat
- d. Pertimbangan terhadap jalan kerja lebih sederhana
- e. Jika salah satu *dump truck* dalam satu unit angkutan tidak dapat bekerja, tidak akan terasa terhadap produksi
- f. Pemeliharaan lebih mudah dilaksanakan

Kerugian :

- a. Waktu hilang lebih banyak, akibat banyaknya *dump truck* beroperasi terutama waktu muat

- b. *Excavator* lebih sukar memuat karena kecil baknya
- c. Lebih banyak supir yang dibutuhkan
- d. Biaya pemeliharaan lebih besar, karena lebih banyak *dump truck* begitu pula tenaga pemeliharaannya.

2. *Dump truck* besar

Keuntungan :

- a. Untuk kapasitas yang sama dengan *dump truck* kecil, jumlah unit *dump truck* besar lebih sedikit
- b. Sopir/crew yang digunakan lebih sedikit
- c. Cocok untuk angkutan jarak jauh

Kerugian :

- a. Jalan kerja harus diperitungkan, karena berat *dump truck* kerusakan jalan relatif lebih cepat
- b. Pengoperasian lebih sulit karena ukurannya lebih besar
- c. Produksi akan sangat berkurang, jika salah satu *dump truck* tidak bekerja
- d. Pemeliharaan lebih sulit dilaksanakan

Untuk menghitung produksi *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987) :

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \quad (3.6)$$

Dimana:

Q = Produksi per jam (m^3 /jam)

C = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m^3)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus dalam menit

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987) :

$$Cm = n \times Cms + \frac{D}{V} + \frac{D}{V} + t1 + t2 \quad (3.7)$$

$$n = \frac{c}{q'xk} \quad (3.8)$$

Dimana:

- n = jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat truck
 c = kapasitas rata-rata *dump truck* (m^3)
 q' = kapasitas *bucket* pemuat (*loader/excavator*, menit) (m^3)
 k = faktor *bucket* pemuat
 Cms = waktu siklus pemuat (*loader/excavator*, menit)
 D = jarak angkat *dump truck* (m)
 V1 = kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (m/menit)
 V2 = kecepatan rata-rata *dump truck* kosong (m/menit)
 t1 = waktu buang, standby sampai pembuangan mulai (menit)
 t2 = waktu untuk posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)

Tabel 3.7 Waktu Bongkar Muat t_1

KONDISI OPERASI KERJA	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu buang (menit)	0,5 – 0,7	1,0 – 1,3	1,5 – 2,0

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Tabel 3.8 Waktu Tunggu dan Tunda t_2

KONDISI OPERASI KERJA	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu buang (menit)	0,1 – 0,2	0,25 – 0,35	0,4 – 0,5

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Dalam hal ini harus diatur jenis dan jumlah alat yang dipakai sedemikian sehingga diperoleh efisiensi dan efektifitas tinggi. Hal pokok yang harus dipertimbangkan dan diketahui adalah:

1. Kapasitas alat sesuai volume pekerjaan
2. Kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim)
3. Sedapat mungkin dihindari ada satu atau lebih alat yang menganggur karena harus menunggu

4. Jika terpaksa suatu alat harus menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau alat yang multi fungsi sehingga dapat mengerjakan pekerjaan lain
5. Alat yang paling berpengaruh terhadap alat lain dalam tim
6. Produksi/kapasitas tiap jenis alat

Secara umum jumlah alat dapat dihitung dengan formula:

$$\frac{\text{Produksi alat berat yang paling berpengaruh}}{\text{Produksi dicari}} \quad (3.9)$$

3.7.3 Bulldozer

Bulldozer adalah alat yang menggunakan traktor pada penggerak utamanya. *Bulldozer* merupakan nama jenis dari dozer yang mempunyai kemampuan untuk mendorong ke depan.

Bulldozer dikenal sebagai alat berat yang memiliki traksi besar. Oleh karena itu *bulldozer* difungsikan untuk menggali, mendorong, menggosur, dan juga mengeruk material. *Bulldozer* bisa dimanfaatkan untuk pembersihan lahan dari pepohonan, membuka lahan baru, memindahkan material, mengisi material pada *scrapper*, membersihkan *quarry*, dan lain sebagainya. *Bulldozer* juga sangat multi fungsi karena bisa dioperasikan pada segala medan mulai dari yang berbatu, berlumpur, berbukit, sampai di daerah perhutanan.

Produksi *bulldozer* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi, 1987):

$$Q = q \times \frac{60}{Cm} \times E \times f \text{ (m}^3\text{/jam)} \quad (3.10)$$

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
- q = Produksi per siklus (m³)
- E = Efisiensi kerja
- Cm = Waktu siklus dalam menit
- F = Koefisien perubahan volume tanah

Produksi per siklus :

$$q = L \times H^2 \times a \quad (3.11)$$

Dimana:

q = Produksi per siklus (m³)

L = Lebar *blade*/sudut (cm)

a = Faktor *blade*

Faktor balade perlu diperhitungkan karena mempengaruhi produktivitas alat, besarnya dipengaruhi oleh besar tanah.

Tabel 3.9 Faktor *blade bulldozer*

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Penggusuran ringan	Penggusuran dapat dilaksanakan dengan sudut penuh tanah lepas : kadar air rendah, tanah biasa, bahan/material untuk timbunan	1.1 : 0.9
Penggusuran sedang	Tanah lepas, tetapi tidak mungkin menggusur dengan sudut penuh : tanah bercampur kerikil atau split, pasir, batu pecah.	0.9 : 0.7
Penggusuran agak sulit	Kadar air tinggi dan tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sangat kering dan tanah asli.	0.7 : 0.6
Penggusuran sulit	Batu-batu hasil ledakan, batu-batu berukuran besar.	0.6 : 0.4

Sumber: Rochmanhadi (1990)

Waktu siklus *bulldozer* diperhitungkan untuk menggusur, ganti persenelling dan mundur, dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini Rochmanhadi (1987) :

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.12)$$

Dimana:

D = jarak angkat (m)

- F = kecepatan maju (m/menit). Berkisar 3-5 km/jam
 R = kecepatan mundur (m/menit). Berkisar 5 -8 km/jam
 Jika mesin dengan tongflow, kecepatan maju diambil 75 maksimum mundur
 85 % kecepatan maksimum
 Z = waktu ganti perseneling (menit)

Tabel 3.10 Waktu Ganti Perseneling

	Waktu Ganti perseneling
Mesin gerak langsung : - tongkat tunggal	0.10 menit
Mesin gerak langsung : - tongkat ganda	0.20 menit
Mesin-mesin torqflow	0.05 menit

Sumber: Rochmanhadi (1990)

3.8 Komponen Biaya Alat Berat

3.8.1 Biaya Kepemilikan (*owner Ship*) atau Biaya Pasti

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhatikan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri. Biaya ini harus diperhitungkan karena alat semakin lama akan berkurang hasil produksinya, bahkan pada waktu tertentu alat sudah tidak dapat memproduksi lagi, hal ini tersebut sebagai depresiasi.

3.8.2 Biaya Penyewahan Alat

Dalam suatu proyek konstruksi penggunaan alat berat selain menggunakan alat milik pribadi dapat juga dengan penyewaan, yang dalam proses penetapan biaya penyewaan peralatan tersebut terdapat ketentuan-ketentuan yang telah dikeluarkan Departemen Pekerjaan Umum.

3.8.3 Jam Operasi atau Waktu Kerja

Efisiensi waktu dibutuhkan guna tercapainya hasil kerja yang tepat sesuai dengan rencana. Untuk mewujudkan disiplin khususnya waktu, maka dibutuhkan adanya loyalitas tinggi dari semua pihak yang terlibat. Dalam penentuan tenaga

kerja, perlu diperhatikan beberapa faktor antara lain jam operasional normal dan lembur.

1. Jam operasional normal

Waktu kerja pada setiap hari kerja (senin-sabtu) ditetapkan selama 7 jam/hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal.

2. Jam operasional lembur

Waktu lembur dihitung dari lama waktu kerja yang melebihi batas waktu kerja normal (7 jam/hari). Waktu kerja lembur dilaksanakan diluar jam operasi normal untuk hari kerja atau penambahan jumlah hari kerja perminggu (hari minggu).