

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Pada perencanaan proyek konstruksi yang menggunakan alat berat, hal yang perlu diperhatikan yaitu bagaimana menghitung kapasitas operasi suatu alat. Oleh karena itu perlu diketahui cara perhitungan kapasitas alat sehingga dapat diperkirakan dengan tepat waktu penyelesaian suatu volume pekerjaan.

3.2 Proyek Konstruksi

Proyek adalah suatu kegiatan yang mempunyai jangka waktu tertentu dengan alokasi sumber daya terbatas, untuk melaksanakan suatu tugas yang telah digariskan. Menurut Ervianto (2002) 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, sedangkan menurut D.I Cleland dan W.R. King (1987) proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya, yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai suatu sasaran tertentu. Kegiatan atau tugas yang dilaksanakan pada proyek berupa pembangunan/perbaikan sarana fasilitas (gedung, jalan, jembatan, bendungan dan sebagainya) atau bisa juga berupa kegiatan penelitian, pengembangan.

Dari pengertian di atas, maka proyek merupakan kegiatan yang bersifat sementara (waktu terbatas), tidak berulang, tidak bersifat rutin, mempunyai waktu awal dan waktu akhir, sumber daya terbatas/tertentu dan dimaksudkan untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Pengertian proyek dalam pembahasan ini dibatasi dalam arti proyek konstruksi, yaitu proyek yang berkaitan dengan bidang

konstruksi (pembangunan). Dari pengertian dan batasan di atas, maka dapat dijabarkan beberapa karakteristik proyek sebagai berikut.

1. Waktu proyek terbatas, artinya jangka waktu, waktu mulai dan waktu selesai sudah ditentukan.
2. Hasilnya tidak berulang, artinya produk suatu proyek hanya sekali, bukan produk rutin/berulang.
3. Mempunyai tahapan kegiatan-kegiatan berbeda-beda, dengan pola di awal sedikit, berkembang makin banyak, menurun dan berhenti.
4. Intensitas kegiatan-kegiatan (tahapan perencanaan, tahapan perancangan dan pelaksanaan).
5. Banyak ragam kegiatan dan memerlukan klasifikasi tenaga beragam.
6. Lahan/lokasi proyek tertentu, artinya luasan dan tempat proyek sudah ditetapkan, tidak dapat sembarang tempat.
7. Spesifikasi proyek tertentu, artinya persyaratan yang berkaitan dengan bahan, alat, tenaga dan metoda pelaksanaannya yang sudah ditetapkan dan harus memenuhi prosedur persyaratan tersebut.

3.3 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 relative 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.

3.4 Manajemen Alat Berat

Manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang telah ditentukan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari, antara lain adalah sebagai berikut ini.

Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti menggali, mengangkut, meratakan permukaan, yaitu sebagai berikut.

1. 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
2. Cara operasi. Alat berat yang dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan
3. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya dan pembongkaran. Selain itu, metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat berubah
4. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat
5. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat yaitu proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan dan dam

6. Lokasi proyek. Lokasi proyek merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek berada di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah
7. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat yang akan dipakai. Tanah terbagi dalam kondisi padat, lepas, atau lembek
8. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain.

1. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu
2. Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut
3. Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume yang dapat diselesaikan, serta waktu yang diperlukan

3.5 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.

Berikut merupakan sifat dari macam-macam tanah yaitu dapat ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah

No	Jenis Tanah	<i>Swell (%)</i>	<i>Load Faktor</i>
1	Lempung alami	38	0,72
2	Lempung berkerikil kering	36	0,73
3	Lempung berkerikil basah	33	0,73
4	Tanah biasa baik kering	24	0,81
5	Tanah biasa baik basah	26	0,79
6	Kerikil	14	0,88
7	Pasir kering	11	0,90
8	Pasir basah	12	0,89
9	Batu	62	0,61

Sumber : Haryanto dan Hendra (1998)

Sifat-sifat tanah yang disebutkan di atas dipengaruhi oleh keadaan tanah asli, karena apabila tanah dipindahkan dari tempat aslinya selalu akan ada perubahan isi dan kepadatan dari keadaan tanah aslinya, maka data-data tanah di atas dikonversikan seperti Tabel 3.2 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 campur 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
Pecahan granit	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	1,00
Pecahan batu	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Batuan hasil peledakan	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Sumber : Rochmanhadi (1987)

Keterangan:

A = Tanah asli

B = Tanah lepas

C = Tanah padat

3.6 Cara Kerja Alat Berat

3.6.1 Excavator

Penggalian tanah diawali dengan *excavator bucket* dijulurkan kedepan ke tempat galian, bila *bucket* sudah pada posisi yang diinginkan lalu *bucket* diayun kebawah seperti dicangkulkan, kemudian lengan *bucket* diputar ke arah alatnya. Setelah bucket terisi penuh lalu diangkat dari tempat penggalian dan dilakukan *swing*, pembuangan material hasil galian dapat dilakukan ke *dump truck* atau ke tempat lain. Pada penggalian parit, letak *track excavator* harus sedemikian rupa sehingga arahnya sejajar dengan arah memanjang parit, kemudian *excavator* berjalan mundur. Bentuk *excavator* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Excavator Komatsu tipe PC-300-8
(Sumber: www.komatsu.com.au)

3.6.2 *Dump truck*

Operator atau sopir 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*.

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.

Pada waktu mengangkut ataupun kosong, perlu dihindari selip. Selip adalah keadaan keadaan mendatar ke samping dan kendaraan tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip ini 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. Membuang muatan (*dumping*) operator harus hati-hati dan cermat. Operator harus yakin bahwa roda-roda berada di atas permukaan tanah 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.



Gambar 3. 2 Dump truck Isuzu Giga 34P
(Sumber: www.isuzuelfgiga.wordpress.com)

3.6.3 Bulldozer

Dalam proses pengerjaan dengan menggunakan *bulldozer*, ada dua teknik yang lazim digunakan yaitu *side dozing* dan juga *slot dozing*. *Side dozing* merupakan dua *dozer* dihipitkan sedekat mungkin untuk menghindari keluarnya material dari pisau. Sedangkan *slot dozing* adalah 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, dimana *side dozing* merupakan teknik yang melibatkan dua *bulldozer* dengan masing-masing pisau yang dihipitkan 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 Komatsu tipe D65ESS
(Sumber: www.komatsu.com)

3.7 Metode Perhitungan Produksi Alat Berat

Metode perhitungan produksi alat berat dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu kapasitas produksi alat dan kondisi alat berat. Berikut ini adalah penjelasan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode perhitungan alat berat.

3.7.1 Kapasitas Produksi Alat

Kapasitas produksi alat berat pada umumnya dinyatakan dalam m³ per jam. Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan tiap siklus waktu dan jumlah siklus satu jam.

$$Q = q \times N \times E \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan

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

3.7.2 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 dari efisiensi kerja dapat dipergunakan seperti Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Efisiensi Alat

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

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

3.8 Pemilihan Peralatan Pekerjaan Tanah

Pemeliharaan alternatif yang baik merupakan faktor yang sangat penting dan sangat mempengaruhi berhasil tidaknya pelaksanaan suatu proyek. Pemeliharaan alat dipengaruhi oleh hal-hal berikut.

1. Kondisi medan dan keadaan tanah
2. Kualitas pekerjaan yang disyaratkan
3. Volume pekerjaan
4. Prosedur operasi dan pemeliharaan alat
5. Umur alat
6. Undang-undang perburuhan dan keselamatan kerja

Pekerjaan pada proyek menggunakan *Excavator*, *Bulldozer*, dan *Dump truck*

1. *Excavator*

Excavator adalah alat untuk menggali daerah yang letaknya di bawah kedudukan alat, dapat menggali dengan kedalaman yang teliti serta dapat digunakan sebagai alat pemuat bagi *dump truck*. Gerakan *excavator* dalam beroperasi adalah sebagai berikut.

- a. Mengisi bucket (*land bucket*)
- b. Mengayun (*swing loaded*)
- c. Membongkar beban (*dump bucket*)
- d. Mengayun balik (*swing empty*)

Produksi *loader* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$Q = (q \times 3600 \times E) / C_m \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus dalam menit

Sedangkan kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

Rumus kapasitas *bucket*

$$q = q' \times K \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

q' = Kapasitas munjung (penuh) 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, berikut merupakan Tabel 3.4 yaitu kondisi pemuatan *bucket* pada *excavator*.

Tabel 3. 4 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 (1987)

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$C_m = \text{Waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} \dots\dots\dots (3.4)$$

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 (1987)

Waktu putar dipengaruhi sudut dan kecepatan putar, menggunakan tabel berikut ini.

Tabel 3. 6 Waktu Putar Excavator

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

Sumber: Rochmanhadi (1987)

Waktu buang tergantung kondisi pembuangan,

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

2. *Dump truck*

Merupakan peralatan/kendaraan yang dibuat khusus untuk alat angkut karena kelebihanannya dalam kecepatan, kapasitas dan fleksibilitasnya. Sebagai alat angkut, *dump truck* luwes dan mudah dikoordinasi dengan alat-alat lain (alat-alat gali dan pemuat).

Pemilihan *dump truck* harus mempertimbangkan kemampuan produksi alat gali maupun pemuatnya agar tidak terdapat alat yang mengganggu dan mempertimbangkan kerugiannya. *Dump truck* mempunyai 3 fungsi sebagai berikut.

- a. *Side dump truck* (penumpahan kesamping)
- b. *Rear dump truck* (penumpahan kebelakang)
- c. *Rear dan side dump truck* (penumpahan kebelakang dan kesamping)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *dump truck* adalah sebagai berikut.

a. *Dump truck* kecil

Keuntungannya adalah sebagai berikut.

- 1) Lebih lincah dalam beroperasi.
- 2) Lebih mudah dalam beroperasi.
- 3) Lebih *flexible* dalam pengangkutan jarak dekat.
- 4) Pertimbangan terhadap jalan kerja lebih sederhana.
- 5) Jika salah satu *dump truck* dalam satu unit angkutan tidak dapat bekerja, tidak akan terasa terhadap produksi.
- 6) Pemeliharaan lebih mudah dilaksanakan.

Kerugiannya adalah sebagai berikut.

- 1) Waktu hilang lebih banyak, akibat banyaknya *dump truck* beroperasi terutama waktu muat.
- 2) *Excavator* lebih sukar memuat karena kecil baknya.
- 3) Lebih banyak supir yang dibutuhkan.
- 4) Biaya pemeliharaan lebih besar, karena lebih banyak *dump truck* begitu pula tenaga pemeliharannya.

b. *Dump truck* besar

Keuntungannya adalah sebagai berikut.

- 1) Untuk kapasitas yang sama dengan *dump truck* kecil, jumlah unit *dump truck* besar lebih sedikit.
- 2) Sopir/crew yang digunakan lebih sedikit.
- 3) Cocok untuk angkutan jarak jauh.

Kerugiannya adalah sebagai berikut.

- 1) Jalan kerja harus diperitungkan, karena berat *dump truck* merusakkan jalan relatif lebih cepat.
- 2) Pengoperasian lebih sulit karena ukurannya lebih besar.
- 3) Produksi akan sangat berkurang, jika salah satu *dump truck* tidak bekerja
- 4) Pemeliharaan lebih sulit dilaksanakan.

Untuk menghitung produksi *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_m} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

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

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

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus dalam menit

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \dots\dots\dots (3.6)$$

$$n = \frac{c}{q' \times k} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

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

C_{ms} = waktu siklus pemuat (*loader/excavator*, menit)

D = jarak angkat *dump truck* (m)

V_1 = kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (m/menit)

V_2 = kecepatan rata-rata *dump truck* kosong (m/menit)

t_1 = waktu buang, standby sampai pembuangan mulai (menit)

t_2 = waktu untuk posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)

Berikut merupakan kondisi operasi kerja alat berat pada saat bongkar muat yang dapat ditunjukkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Waktu Bongkar Muat t₁

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

Sumber: Rochmanhadi (1987)

Berikut merupakan kondisi operasi kerja alat berat pada saat waktu buang yang dapat ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Waktu Tunggu dan Tunda t₂

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

Sumber: Rochmanhadi (1987)

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 mengganggu karena harus menunggu
- 4) Jika terpaksa suatu alat harus mengganggu, 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.

$$\text{Jumlah alat} = \frac{\text{Produksi alat berat yang paling berpengaruh}}{\text{Produksi dicari}} \dots\dots\dots (3.8)$$

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 karenanya *bulldozer* difungsikan untuk menggali, mendorong, menggusur, dan juga mengeruk material. *Bulldozer* bisa dimanfaatkan untuk pembersihan lahan dari pepohonan, membuka lahan baru, memindahkan material, mengisi material pada scraper, 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):

$$Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E \times f \text{ (m}^3\text{/jam)} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

Q = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus dalam menit

F = Koefisien perubahan volume tanah

Produksi per siklus

$$q = L \times H^2 \times a \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

q = Produksi per siklus (m³)

L = Lebar *blade*/sudut (cm)

a = Faktor *blade*

Faktor *blade* dapat 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) :

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \dots\dots\dots (3.11)$$

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 torqflow, kecepatan maju diambil 75 maksimum mundur 85 % kecepatan maksimum

Z = waktu ganti persenelling (menit)

Tabel 3. 10 Faktor Ganti Persenelling

	Waktu Ganti Persenelling
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)

3.9 Komponen Biaya Alat Berat

Kebutuhan biaya pada perencanaan penggunaan alat berat dapat ditentukan dari ketersediaan biaya baru kemudian di cari jumlah alat yang dapat di akomodir, akan tetapi pada proyek besar digunakan cara sebaliknya dimana jumlah kebutuhan alat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan waktu yang ditentukan menentukan biaya yang dibutuhkan dalam proyek.

3.9.1 Biaya Penyewaan 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.

3.9.2 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

Lama waktu kerja pada setiap hari kerja (senin-sabtu) ditetapkan selama 8 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 (8 jam/hari). Waktu kerja lembur dilaksanakan diluar jam operasi normal untuk hari kerja atau penambahan jumlah hari kerja perminggu (hari minggu).

3.10 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Volume galian dan timbunan pada pekerjaan pemindahan tanah yang ditinjau dihitung dengan metode *cross section* dengan penentuan volume melintang digunakan perhitungan dengan prismoida. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$V = \frac{d}{6} \cdot (A1 + 4AM + A2) \dots\dots\dots (3.12)$$

$$AM = \frac{A1+A2}{2} \dots\dots\dots (3.13)$$

Dimana:

d = jarak antar potongan (m)

A1 = luas penampang potongan 1

A2 = luas penampang potongan 2