

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Pada perencanaan proyek konstruksi yang menggunakan alat berat, hal yang perlu diperhatikan yaitu bagaimana menghitung produktivitas alat berat, agar pekerjaan dapat selesai sesuai dengan rencana. Oleh karena itu perlu diketahui cara perhitungan alat secara teoritis serta efisiensi kerja sesuai dengan *job site* yang bersangkutan, sehingga dapat diperkirakan dengan tepat waktu penyelesaian suatu volume pekerjaan.

3.2 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 bermacam keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Setiap proyek adalah unik, bahkan tidak ada dua proyek yang persis sama. Menurut Dipohusodo (1995) proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan, 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. Proyek adalah aktivitas sementara dari personil, material, serta sarana untuk menjadikan/mewujudkan sasaran-sasaran proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir. 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.

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi) dan *time* (waktu).

3.3 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.
2. Keadaan gembur (*loose*), yaitu material tanah yang telah digali dari tempat asalnya. Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara di antara 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 jenis tanah yang 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: Suryadharma dan Wigroho (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 di konversikan 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 (1986)

Keterangan:

- A = Tanah asli
- B = Tanah lepas
- C = Tanah padat

3.4 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. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai-nilai ekonomis dan lainnya.

Alat berat dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Menurut Rostiyanti (2002) 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.

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

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

3.5 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.

1. Fungsi yang harus dilaksanakan

Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti 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 yang dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan.

4. 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.

5. Ekonomi

Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat.

6. Jenis proyek

Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat yaitu proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan dan dam.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

3.6 Cara Kerja 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. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Dalam subbab ini akan menjelaskan bagaimana cara kerja alat berat yang akan digunakan, cara kerja alat berat yang akan dijelaskan antara lain *excavator*, *dump truck*, dan *wheel Loader*. Berikut ini cara kerja dari masing-masing alat berat tersebut.

3.6.1 Excavator

Penggalian tanah diawali dengan *excavator bucket* dijulurkan ke depan ke tempat galian, bila *bucket* sudah pada posisi yang diinginkan lalu *bucket* diayun ke bawah 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 Kobelco tipe SK200-8

(Sumber: www.kobelco.com)

3.6.2 Wheel Loader

Wheel loader bekerja dengan gerakan dasar pada *bucket* dan cara membawa muatan untuk dimuatkan ke alat angkut atau alat yang lain. Gerakan *bucket* yang penting ialah menurunkan *bucket* di atas permukaan tanah, mendorong ke depan (memuat/menggosur), mengangkat *bucket*, membawa dan membuang muatan. Apabila material harus dimuatkan ke alat angkut, misalnya *dump truck*, ada beberapa cara pemuatan. Berikut adalah beberapa cara pemuatan ke alat angkut.

1. *V loading*, ialah cara pemuatan dengan lintasan seperti bentuk huruf V.
2. *Load and Carry*, *dump truck* di belakang *loader*, kemudian lintasan seperti membuat garis tegak lurus.
3. *Cross loading*, cara pemuatan *dump truck* juga ikut aktif.
4. *Overhead loading*, dengan *loader* khusus, *bucket* dapat digerakkan melintasi di atas kabin operator.

Jenis *wheel loader* yang dipakai bisa dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Wheel Loader Komatsu WA380-6
(Sumber: www.komatsu.com)

3.6.3 *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 3.3 *Dump truck* kapasitas 7 m³
(Sumber: www.karoseri.me)

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 m^3 per jam. Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan tiap siklus waktu dan jumlah siklus satu jam.

$$Q = q \times N \times E$$

Keterangan

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

q = Produksi per siklus (m^3)

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 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)

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

Dalam pengelolaan suatu proyek yang sifatnya kompleks, maka haruslah kita dapat menyederhanakan permasalahan sederhana mungkin, artinya masing-masing kegiatan harus logis dan memungkinkan untuk dikerjakan.

Adapun kegiatan yang dapat dikerjakan oleh manusia dengan menggunakan alat yang sederhana (manual), atau dengan istilah padat karya. Tetapi ada kegiatan yang harus dikerjakan dengan menggunakan alat khusus, yang dikenal dengan alat berat. Alat berat ini ada bermacam-macam, timbulnya bermacam-macam alat berat ini dikarenakan adanya beberapa faktor antara lain:

1. Macam-macam jenis pekerjaan (pembukaan hutan, pemindahan tanah, dan sebagainya).
2. Sifat material yang bermacam-macam (tanah batu, pasir, rawa dan sebagainya).
3. Besar kecilnya volume pekerjaan dan sebagainya
4. Kondisi medan atau lokasi pekerjaan.

Supaya penggunaan alat-alat berat dapat efisien maka sifat-sifat berikut ini perlu diperhatikan yaitu jenis roda alat-alat berat:

1. Roda Kelabang atau Rantai Baja.

Digunakan untuk medan yang berat, becek, licin atau terjal dan mendaki, tetapi jenis ini tidak dapat bergerak dengan kecepatan tinggi.

2. Roda Ban Karet.

Digunakan untuk medan yang tidak banyak becek dan tidak ada tunggul-tunggul kayu yang bisa menusuk ban karet waktu berjalan. Dalam bergerak dapat mencapai kecepatan tinggi dengan lincah pada jalan yang baik.

Penggunaan yang paling utama alat berat adalah untuk pembukaan lahan/hutan, menggali, menimbun, mengangkat dan memadatkan.

Yang perlu diperhatikan sehubungan dengan penggunaan alat-alat berat adalah kenyataan bahwa suatu jenis pekerjaan mungkin menggunakan beberapa alat berat dan juga sebaliknya. Berikut adalah alat berat yang digunakan dalam penelitian ini.

3.8.1 *Excavator*

Kegunaan *Excavator* adalah sebagai peralatan dasar untuk alat-alat penggali dan memuat. Berikut adalah bagian-bagian utama dari *Excavator*.

1. Bagian atas yang dapat berputar (*Revolving Unit*)
2. Bagian bawah untuk tujuan berpindah tempat (*Travel Unit*).

3. Bagian-bagian tambahan (*attachments*) yang dapat diganti-ganti, sesuai dengan pekerjaan yang hendak dikerjakan. *Attachment* tersebut antara lain, *dipper shovel*, *backhoe*, *dragline* dan *clamshell*.

Excavator ada yang digerakkan dengan roda rantai (*trucks* atau *crawler mounted*) dan yang dengan roda ban karet (*Wheel* atau *truck mounted*). Umumnya *excavator* mempunyai tiga mesin penggerak pokok, sedangkan untuk gerakan *excavator* dalam beroperasi adalah sebagai berikut.

1. Mengisi *bucket* (*land bucket*)
2. Mengayun (*swing loaded*)
3. Membongkar beban (*dump bucket*)
4. Mengayun balik (*swing empty*)

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi, 1986):

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

Keterangan:

Q = Produksi per jam (m^3 /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:

Rumus kapasitas *bucket*

$$q = q' \times K$$

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 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 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 (1986)

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986):

$$C_m = \text{Waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang}$$

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

Waktu gali *excavator* dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut:

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 3.6 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,

1. Dalam *dump truck* = 5 – 8 detik
2. Ke tempat pembuangan = 3 – 6 detik

3.8.2 *Wheel Loader*

Wheel Loader adalah suatu traktor yang dilengkapi dengan perlengkapan *bucked* yang digunakan untuk digunakan untuk menyingkap material untuk tujuan *loading* (pengisian muatan) dan *digging* (penggalian). *Bucked* digunakan untuk menggali, menurut tanah atau material yang granular, mengangkatnya kemudian dibuang pada suatu ketinggian atau pada *dump truck*. Pada pekerjaan ini, *wheel loader* bersifat serba guna dapat melakukan tugas-tugas antara lain sebagai berikut:

1. Pembersihan lapangan atau lokasi pekerjaan (*land clearing*)
2. Penggusuran tanah dalam jarak dekat
3. Meratakan timbunan tanah dan mengisi kembali galian-galian tanah
4. Menyiapkan bahan-bahan dari tempat pengambilan material
5. Mengupas tanah bagian atas yang jelek (*stripping*)
6. Meratakan permukaan atau menghaluskan permukaan disebut finishing.

Produksi *wheel loader* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus (menit)

Sedangkan kapasitas *bucket wheel loader* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986):

$$q = q' \times K$$

Keterangan:

q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat

K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Sebagai pendekatan untuk menentukan factor *bucket* maka diperlukan data factor *bucket* dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut:

Tabel 3.7 Faktor Bucket Wheel Loader

	Kondisi Pemuatan	Faktor
Pemuatan ringan	Pemuatan material dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh <i>excavator</i> lain dengan tidak memerlukan lagi daya gali dan bahan yang dimuat ke dalam <i>bucket</i> . Contoh : pasir, tanah berpasir, tanah kolodial dengan kadar air sedang	1,0 : 0,8
Pemuatan sedang	Pemuatan dari <i>stockpile</i> tanah lepas yang lebih sukar dikeruk dan dimasukkan ke dalam <i>bucket</i> tetapi dapat dimuat sampai hampir munjung (antara peres dan munjung). Contoh: pasir kering, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, atau menggali dan memuat gravel lunak langsung dari bukit asli	0,8 : 0,6
Pemuatan yang agak sulit	Pemuatan batu belah atau batu cadas belah, tanah liat yang keras, pasir campur gravel, tanah berpasir, tanah koloidal yang liat, tanah liat dengan kadar air yang tinggi, bahan-bahan tersebut telah ada pada <i>stockpile</i> atau persediaan sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material-material tersebut	0,6 : 0,5
Pemuatan yang sulit	Batu bongkah besar-besar dengan bentuk yang tidak beraturan dengan banyak ruangan diantara tumpukannya, batu hasil ledakan, batu-batu bundar yang besar-besar, pasir campuran batu-batu bundar tersebut, tanah pasir, tanah campur lempung, tanah liat yang tidak bias dimuat gusur ke dalam <i>bucket</i>	0,5 : 0,4

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Kapasitas *bucket* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Rochmanhadi, 1986)

1. Kapasitas peres

$$V_s = A \times W \frac{2}{3} \times a \times b$$

2. Kapasitas munjung

$$V_r = V_s \times \frac{b \times W}{8} - \frac{b}{6} \times (a + b) V_r$$

Keterangan:

A = Penampang melintang ditengah-tengah *bucket* (mm²)

W = Lebar dalam rata-rata dari *bucket* (mm)

a = Tinggi penahan tumpahan ditengah-tengah *bucket* tegak lurus pada garis operasi (mm)

b = Panjang bukaan pada tengah-tengah *bucket* (mm)

c = panjang garis normal ke garis operasi (mm)

Faktor blade dalam pekerjaan penggusuran tanah perlu diperhitungkan karena dapat mempengaruhi produksi alat, besarnya dipengaruhi oleh jenis tanah.

Waktu siklus *wheel loader* untuk menggusur, ganti persneling dan mundur, diperhitungkan dengan rumus berikut:

1. *Load and Carry* (permukaan melintang)

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

2. *V Loading* (permukaan bentuk V)

$$C_m = 2 \times \frac{D}{F} + 2 \times \frac{D}{R} + Z$$

3. *Cross Loading* (muat-angkut)

$$C_m = 2 \times \frac{D}{F} + Z$$

Keterangan:

- D = Jarak angkut (m)
 F = Kecepatan maju (m/menit)
 R = Kecepatan mundur (m/menit)
 Z = Waktu tetap (menit)

Faktor waktu tetap juga mempengaruhi pada saat perhitungan waktu siklus. Sehingga diperlukan data mengenai waktu tetap pada Tabel 3.8 berikut:

Tabel 3.8 Waktu Tetap *Wheel Loader*

	Pemuatan bentuk V	Pemuatan Melintang	Muat dan angkut
Mesin gerak langsung	0,25	0,35	-
Mesin gerak hidrolis	0,20	0,30	-
Mesin gerak <i>lordflow</i>	0,20	0,30	0,35

Sumber : Rochmanhadi (1986)

3.8.3 *Dump Truck*

Dump Truck dimasukkan sebagai suatu alat pengangkut yang dapat menumpahkan sendiri muatannya dari dalam badannya. *Dump truck* yang pembuangannya ke belakang cocok digunakan untuk pengangkutan berbagai bahan. Bentuk bak, seperti seberapa tajam sudut-sudutnya, pojok-pojok dan bentuk bagian belakang, tempat bahan itu mengalir selama pencurahan muatan akan mempengaruhi mudah atau sulitnya pencurahan.

Bak *dump truck* yang akan digunakan hendaknya disesuaikan dengan bahan yang akan diangkut sehingga mengurangi waktu yang diperlukan untuk membuang muatan tersebut.

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

1. *Side dump truck* (penumpahan ke samping)
2. *Rear dump truck* (penumpahan ke belakang)
3. *Rear dan side dump truck* (penumpahan ke belakang dan kesamping)

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

1. *Dump truck* kecil

Keuntungannya adalah sebagai berikut.

- 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.

Kerugiannya adalah sebagai berikut.

- 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

Keuntungannya adalah sebagai berikut.

- 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.

Kerugiannya adalah sebagai berikut.

- a. Jalan kerja harus diperhitungkan, karena berat *dump truck* merusakkan 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.

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_m}$$

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.

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

$$n = \frac{c}{q' \times k}$$

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)
 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)

Berikut merupakan kondisi operasi kerja alat berat pada saat bongkar muat yang dapat ditunjukkan pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3.9 Waktu Bongkar Muat t_1

Kondisi Operasi Kerja	Waktu Bongkar
Baik	0,5 menit – 0,2 menit
Sedang	1,0 menit – 1,3 menit
Kurang	1,5 menit – 2,0 menit

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Berikut merupakan kondisi operasi kerja alat berat pada saat waktu buang yang dapat ditunjukkan pada Tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Waktu Tunggu dan Tunda t_2

Kondisi Operasi Kerja	Waktu Tunggu
Baik	0,1 menit – 0,2 menit
Sedang	0,25 menit – 0,35 menit
Kurang	0,40 menit – 0,50 menit

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.

$$\text{Jumlah alat} = \frac{\text{Produksi alat berat yang paling berpengaruh}}{\text{Produksi dicari}}$$

3.9 Komponen Biaya Alat Berat

Cara untuk menghitung harga satuan pekerjaan harus ditinjau semua biaya yang menyangkut atau biaya yang mempengaruhi pekerjaan tersebut yaitu:

3.9.1 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 berproduksi lagi, hal ini tersebut sebagai depresiasi.

3.9.2 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.

3.9.3 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

Lama 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 per minggu (hari minggu).