

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Perencanaan proyek-proyek yang menggunakan alat berat, satu hal yang menjadi perhatian penting yaitu bagaimana menghitung kapasitas operasi suatu alat. Oleh karena itu perlu diketahui perhitungan teoritis dan kemampuan memperkirakan efisiensi kerja yang sesuai dengan *job site* yang bersangkutan, sehingga dapat diperkirakan dengan tepat penyelesaian suatu volume tanah yang akan dikerjakan dengan menggunakan alat berat.

3.2 Sifat-sifat tanah

Sebelum pelaksanaan pekerjaan tanah tentunya sangat diperlukan untuk mengetahui bagaimana sifat dari tanah tersebut. Beberapa sifat-sifat tanah sehubungan dengan pekerjaan pemindahan, penggusuran, dan pemampatan perlu diketahui, karena tanah yang dikerjakan akan mengalami perubahan-perubahan dalam volume dan kemampatannya. Oleh karena perubahan-perubahan ini, maka dalam menyatakan jumlah volumenya, perlu dinyatakan keadaan tanah yang dimaksud.

Keadaan tanah yang mempengaruhi volume tanah yang kita jumpai dalam pekerjaan-pekerjaan tanah antara lain :

1. keadaan asli (baik, insitu)

yaitu keadaan material yang masih alam dan belum mengalami gangguan teknologi (lalu lalang peralatan, digali, dipindahkan, diangkut atau dipadatkan). Dalam keadaan seperti ini, butiran-butiran material yang dikandungnya masih terkonsolidasi dengan baik.

2. keadaan gembur (*loose*)

yaitu material yang telah digali dari tempat asalnya (kondisi asli), akan mengalami perubahan volume, yaitu mengembang. Hal ini terjadi karena adanya penambahan rongga udara diantara butiran-butiran material, dengan demikian volumenya menjadi lebih besar sedang beratnya tetap.

3. keadaan padat (*compact*)

yaitu keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan), dimana volumenya akan menyusut.

Perubahan volume terjadi karena adanya pengurangan rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut.

Dalam keadaan ini, volume material akan menjadi lebih kecil, sedangkan beratnya tetap.

Bertambahnya volume tanah dari *bank* menjadi *loose* disebut dengan *swell* yang dinyatakan dalam %, dan dihitung dengan:

$$S_w = \left(\frac{B}{L} - 1 \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

$S_w = \% \text{ swell}$

$B = \text{Berat tanah dalam keadaan bank (alam)}$

$L = \text{berat tanah dalam keadaan } loose \text{ (lepas)}$

Berkurangnya volume tanah dari keadaan *bank* (alam) menjadi pampat disebut dengan *shrinkage* atau susut, yang dinyatakan dalam %, dan dihitung dengan

Rumus:

$$Sh = \left(1 - \frac{B}{C}\right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

$Sh = \% \text{ shrinkage}$ atau susut

$B = \text{Berat tanah dalam keadaan } bank \text{ (alam)}$

$C = \text{berat tanah dalam keadaan } compacted \text{ (pampat)}$

Disamping % *swell* dan % *shrinkage*, untuk menyatakan konversi keadaan tanah dapat juga digunakan *load factor* dan *shrinkage factor*, dan dihitung sebagai berikut:

$$Load\ factor = \frac{volume\ keadaan\ bank}{volume\ keadaan\ loose} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$Shrinkage\ Factor = \frac{volume\ keadaan\ compacted}{volume\ keadaan\ bank} \dots \dots \dots (3.4)$$

Sebagai ilustrasi, beberapa macam tanah dengan sifat karakteristik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Sifat-sifat beberapa macam tanah

NO	JENIS TANAH	% SWELL	LOAD FACTOR
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.	Kerakal	14	0,88
7.	Pasir kering	11	0,90
8.	Pasir basah	12	0,89
9.	Batu	62	0,61

Sumber Haryanto Y.W dan Hendra.S.D

3.3 Manajemen Alat Berat

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat, antara lain:

- volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu,
- dengan volume pekerjaan tersebut dan waktu yang telah ditentukan berarti kita harus menetapkan jenis dan jumlah alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut,
- dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume dan lama waktu pekerjaan tersebut diselesaikan.

Peralatan dikatakan berdaya guna dan berhasil guna yang tinggi jika bisa menghasilkan produksi yang tinggi dengan biaya yang rendah. Hal ini dapat dicapai dengan perencanaan yang teliti dan hasil *survey* yang cermat, serta penggunaan peralatan yang baik.

3.3.1 Maksud 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.

Fungsi manajemen alat berat menurut pengertian diatas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. merencanakan adalah memilih dan menentukan alat berat yang digunakan untuk mencapai sasaran pekerjaan. Ini berarti langkah pertama adalah menentukan sasaran pekerjaan yang hendak dicapai, kemudian menyusun urutan langkah kegiatan untuk mencapainya. Salah satu kegiatan perencanaan adalah pengambilan keputusan, mengingat hal ini diperlukan dalam proses pemilihan alternatif alat berat,
2. mengorganisir dapat diartikan sebagai sesuatu yang berhubungan dengan cara bagaimana mengatur alat berat agar dapat mencapai sasaran secara efisien,
3. kepemimpinan adalah aspek yang penting didalam mengelola, mengarahkan, dan mengkoordinir sumber daya manusia dalam melaksanakan pekerjaan untuk mencapai tujuan yang telah digariskan,
4. mengendalikan adalah menuntun, dalam arti memantau, mengkaji bila perlu mengadakan koreksi agar hasil kegiatan sesuai dengan yang telah ditentukan. Jadi dalam fungsi ini, hasil – hasil pelaksanaan kegiatan selalu diukur dan dibandingkan dengan rencana. Oleh karena itu, umumnya dibuat tolak ukur, seperti anggaran, standart mutu, jadwal penyelesaian pekerjaan dan lain – lain. Bila terjadi penyimpangan maka segera dilakukan pembedulan dengan demikian,

pengendalian merupakan salah satu upaya untuk meyakini bahwa arus kegiatan bergerak kearah sasaran yang diinginkan.

3.4 Metode perhitungan produksi alat berat

3.4.1 Kapasitas produksi alat

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

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

Dimana :

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

3.4.2 Faktor konversi tanah

Besarnya volume tanah tergantung jenis tanah dan kondisi tanah, apakah dalam keadaan lepas, padat atau asli. Faktor konversi volume tanah untuk beberapa jenis dan kondisi tanah dapat dilihat pada tabel :

Tabel 3.2. Tabel 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 liat berpasir/ 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 atau 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 atau batuan keras	(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

(A) Tanah asli

(B) Tanah lepas

(C) Tanah padat

3.4.3 Efisiensi Kerja

Produktivitas alat pada kenyataan dilapangan tidak sama pada kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat dll. Produktivitas perjam alat yang harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktivitas standart alat pada kondisi ideal dikalikan suatu

faktor yang disebut efisiensi kerja. Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat, tetapi berdasar pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Sebagai pendekatan dapat dipergunakan tabel berikut:

Tabel 3.3. Efisiensi kerja

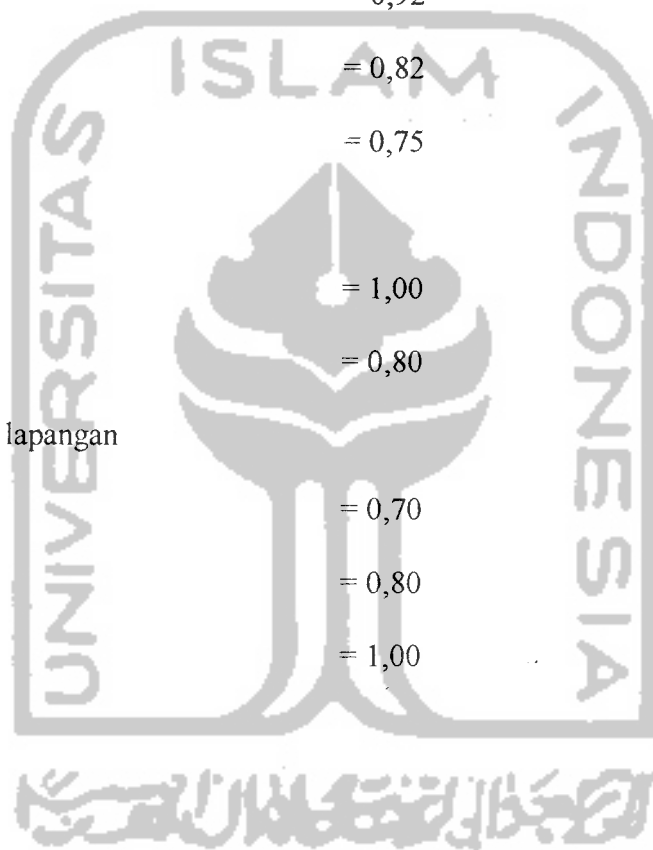
KONDISI OPERASI ALAT	PEMELIHARAAN MESIN				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik Sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk sekali	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

Sumber Rochmanhadi

Selain dengan menggunakan faktor efisiensi kerja diatas dapat juga digunakan berdasarkan pengalaman pemakaian peralatan di lingkungan DPU, 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) = 1,00
 - c. untuk peralatan yang rusak ringan = 0,80
2. faktor operator
 - a. untuk operator kelas I = 1,00
 - b. untuk operator kelas II = 1,00
 - 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



3.5 Pemilihan peralatan pekerjaan tanah

Pemilihan alternatif yang baik merupakan faktor yang sangat penting dan sangat mempengaruhi berhasil tidaknya pelaksanaan suatu proyek. Pemilihan alternatif dibatasi dan 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, keselamatan kerja.

Dalam suatu pekerjaan konstruksi seringkali untuk satu jenis pekerjaan membutuhkan beberapa jenis alat yang berbeda dalam satu tim pekerjaan, sehingga hasil akhir pekerjaan merupakan hasil tim yang dipengaruhi oleh produksi dari semua jenis alat yang bekerja.

Untuk pekerjaan galian tanah dalam suatu proyek bendungan Pelaparado ini menggunakan beberapa macam alat berat pada pekerjaan galian tanah, seperti :

a. Bulldozer

Bulldozer adalah traktor beroda rantai, serba guna dan memiliki kemampuan traksi yang besar. Digunakan untuk bermacam-macam pekerjaan seperti menggali, mendorong, menggusur, mengurug dan sebagainya. Efisien untuk kondisi medan kerja yang berat sekalipun, seperti daerah berbukit, berbatu, berhutan dan sebagainya. Alat ini mampu beroperasi pada tanah kering hingga lembab. Pada kondisi tanah yang sangat lunak (liat berlumpur), dapat dipergunakan *swamp bulldozer*. Jarak pemindahan yang efektif adalah maksimal sampai sejauh 100 meter.

Produksi :

$$Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E \times f \left(\frac{m^3}{jam} \right) \dots \dots \dots (3.6)$$

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 :

$$q = L \times H^2 \times a \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana :

L = Lebar blade/sudut (cm)

H = Tinggi blade, m

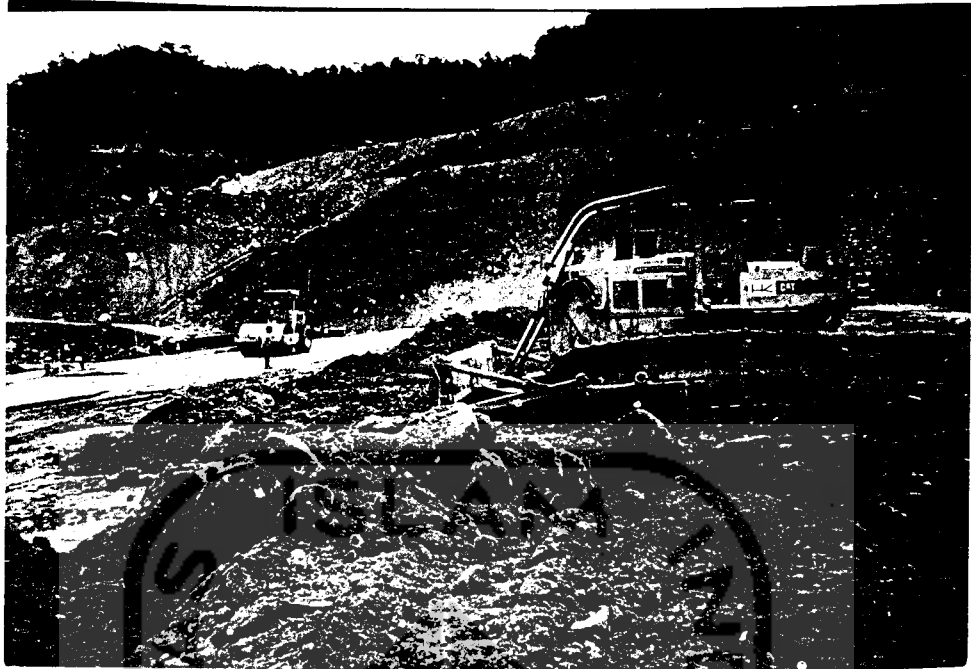
a = Faktor blade

Faktor blade perlu diperhitungkan karena mempengaruhi produksi alat, besarnya dipengaruhi oleh jenis tanah.

Tabel 3.4. Faktor blade dengan berbagai tingkat penggusuran

DERAJAT PELAKSANAAN PENGGUSURAN		FAKTOR SUDUT
Penggusuran ringan	Penggusuran dapat dilaksanakan dengan sudu penuh tanah lepas: kadar air rendah, tanah berpasir tak dipadatkan, tanah biasa, bahan/material untuk timbunan persediaan.	1.1 : 0.9
Penggusuran sedang	Tanah lepas, tetapi tidak mungkin menggusur dengan sudu 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-berukuran besar	0.6 : 0.4

Sumber Rochmanhadi



Gambar 3.1. *Bulldozer D6D*



Gambar 3.2. *Bulldozer D7D*

Waktu siklus

Waktu siklus *bulldozer* diperhitungkan untuk menggusur, ganti persnelling dan mundur, diperhitungkan dengan rumus berikut :

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z(\text{menit}) \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana : D = Jarak angkut (m)

F = Kecepatan maju (m/menit), berkisar 3-5 km/jam

R = Kecepatan mundur (m/menit), berkisar 5-8 km/jam

Jika mesin dengan *torgflow*, kecepatan maju diambil 75% maksimum mundur 85% kecepatan maksimum

Z = waktu ganti persnelling (menit).

Tabel 3.5 Waktu ganti persnelling

WAKTU GANTI PERSNELING	
Mesin gerak nlangsung : - tongkat tunggal	0.10 menit
- tongkat ganda	0.20 menit
Mesin- mesin <i>torqflow</i>	0.05 menit

Sumber : Rochmanhadi

b. Backhoe atau Pull Shovel

Backhoe adalah alat yang dipakai sebagai alat penggali, pengangkat dan pemuat yang menggunakan *prime mover excavator*. Bagian-bagian utama dari *backhoe* adalah:

1. bagian atas *revolving unit* (bisa berputar),
2. bagian bawah *travel unit* (untuk berjalan),

3. bagian *attachment* yang dapat diganti,

Backhoe dikhususkan untuk menggali daerah yang letaknya dibawah kedudukan alat, dan dapat menggali dengan kedalaman yang teliti serta dapat digunakan sebagai alat pemuat bagi truk-truk. Gerakan-gerakan *backhoe* dalam beroperasi, terdiri dari:

- a. mengisi bucket (*land bucket*),
- b. mengayun (*swing loaded*)
- c. membongkar beban (*dump bucket*)
- a. mengayun balik (*swing empty*)



Gambar 3.3. *Excavator Cat 320 B*



Gambar 3.4. *Excavator Cat 330 B*

Beberapa faktor yang mempengaruhi produksi *backhoe* antara lain:

1. faktor keadaan tanah,
 - a. keadaan dan jenis tanah,
 - b. jarak pembuangan,
 - c. luas yang akan digali,
 - d. kemampuan operator,
 - e. *job management* atau pengaturan operasional.
2. faktor keadaan mesin:
 - a. *attachment* yang cocok dengan pekerjaan yang bersangkutan,
 - b. kapasitas bucket,

- c. waktu siklus yang banyak dipengaruhi oleh kecepatan travel dan system hidraulis,
 - d. kapasitas angkutan.
3. pengaruh kedalamannya, semakin dalam pemotongan yang diukur dari permukaan dimana *excavator* sedang beroperasi makin sulit pula mengisi bucket secara optimal dengan hanya sekali gerakan, dengan demikian untuk mengisi bucket secara optimal diperlukan beberapa kali gerakan sehingga mempengaruhi waktu siklus.

Untuk menghitung produksi *backhoe* atau *pull shovel* dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = q \times \frac{3600}{C_m} \times E \times f \left(\frac{m^3}{jam} \right) \dots \dots \dots (3.9)$$

Dimana :

Q = produksi per jam (m³ / jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi

C_m = Waktu siklus dalam detik

f = Koefisien perubahan volume tanah

Kapasitas bucket

$$q = q' \times k \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

q' = Kapasitas munjung yang tercantum dalam spesifikasi alat

k = Faktor bucket yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah.

Tabel 3.6 Faktor bucket

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Ringan	Menggali dan memuat dari stockpile atau material yang telah dikeruk oleh ekskavator lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam bucket. Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar air sedang.	1.0 : 0.8
Sedang	Menggali dan memuat stockpile lepas dari tanah yang 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
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campuir kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat, dengan kadar air tinggi, yang telah distockpile oleh ekskavator lain. Sulit untuk mengisi bucket dengan material tersebut.	0.6 : 0.5

Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu-batu bundar, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit dicampur dengan bucket.	0.5 : 0.4
-------	---	-----------

Sumber : Rochmanhadi

Waktu siklus

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

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

Tabel 3.7. Waktu gali Exavator (detik)

KEDALAMAN	KONDISI GALIAN			
	Ringan	Rata-rata	Agak sulit	Sulit
0-2 m	6	9	15	26
2-4 m	7	11	17	28
4 m	8	13	19	30

Sumber : Rochmanhadi

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

Tabel 3.8. waktu putar backhoe

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

Sumber : Rochmanhadi

Waktu buang tergantung kondisi pembuangan,

- a. dalam *dump truck* = 5 – 8 detik
- b. ditempat pembuangan = 3 – 6 detik

Pertimbangan-pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam memilih *backhoe*

1. masalah transportasi (pengangkutan) *backhoe* ke *job site*
2. penggantian *spare part*,
3. kondisi pekerjaan yang ada,
4. waktu yang tersedia bagi suatu pekerjaan,
5. kelanjutan penggunaan *backhoe* (untuk pekerjaan lain).

Tindakan untuk mempertinggi daya guna dan hasil guna *backhoe* :

- a. pemeliharaan terhadap *backhoe*,
- b. memperhatikan tinggi optimum dan sudut *swing*,
- c. penempatan *backhoe*,
- d. menghindarkan gerakan-gerakan yang mendadak dan tidak perlu.

c. *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 dikoordinasikan dengan alat-alat lain (alat-alat gali dan pemuat).

Pemilihan *dump truck* harus mempertimbangkan kemampuan produksi alat gali maupun pemuatnya agar tidak terdapat alat menganggur dan mempertimbangkan keuntungan maupun kerugiannya.

Dump truck dikenal 3 macam :

1. *side dump truck* (penumpahan kesamping),
2. *rear dump truck* (penumpahan kebelakang),
3. *rear and side dump truck* (penumpahan kebelakang dan kesamping).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *dump truck*:

1. *Dump truck* kecil

Keuntungan:

- a. lebih lincah dalam beroperasi,
- b. lebih mudah mengoperasikan,
- 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 lebih kecilnya bak,
- c. lebih banyak sopir yang dibutuhkan,
- d. biaya pemeliharaan lebih besar, karena lebih banyak *dump truck* begitu pula tenaga pemeliharaannya.

2. *Dump truck* besar

Keuntungan:

- untuk kapasitas yang sama dengan *dump truck* kecil, jumlah unit *dump truck* besar lebih sedikit,
- sopir/crew yang digunakan lebih sedikit,
- cocok untuk angkutan jarak jauh.

Kerugian:

- jalan kerja harus diperhatikan, karena berat *dump truck*, kerusakan jalan relatif lebih cepat,
- pengoperasian lebih sulit karena ukurannya yang besar,
- produksi akan sangat kurang, jika salah satu *dump truck* tidak bekerja,
- pemeliharaan lebih sulit dilaksanakan.

Untuk menghitung produksi *dumptruck* digunakan rumus sebagai berikut,

Produksi:

$$Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E \times f (m^3 / jam) \dots \dots \dots (3.11)$$

Dimana : q = Volume/kapasitas *dump truck* (m^3)

C_m = Cycle time (menit)

Q = Produksi perjam (m^2/jam)

E = Efisiensi kerja

F = Faktor Konversi Tanah

Waktu siklus

$$Cm = n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \dots \dots \dots (3.12)$$

$$n = \frac{C1}{q' \times k} \dots \dots \dots (3.13)$$

Dimana : n = Jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat truck

C1 = Kapasitas rata-rata dumptruck (m³)

q1 = Kapasitas bucket pemuat (loader/exavator, menit) (m³)

k = Faktor bucket pemuat

Cms = Waktu siklus pemuat (loader/exavator, menit)

D = Jarak angkut dumptruck (m)

V1 = Kecepatan rata-rata dumptruck bermuatan (m/menit)

V2 = Kecepatan rata-rata dumptruck kosong (m/menit)

t1 = Waktu buang, standby sampai pembuangan mulai (menit)

t2 = Waktu untuk posisi pengisian dan pemuat mulai mengisi
(menit)

Tabel 3.9. Waktu bongkar muat t1

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

Sumber Rochmanhadi

Tabel. 3.10. 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

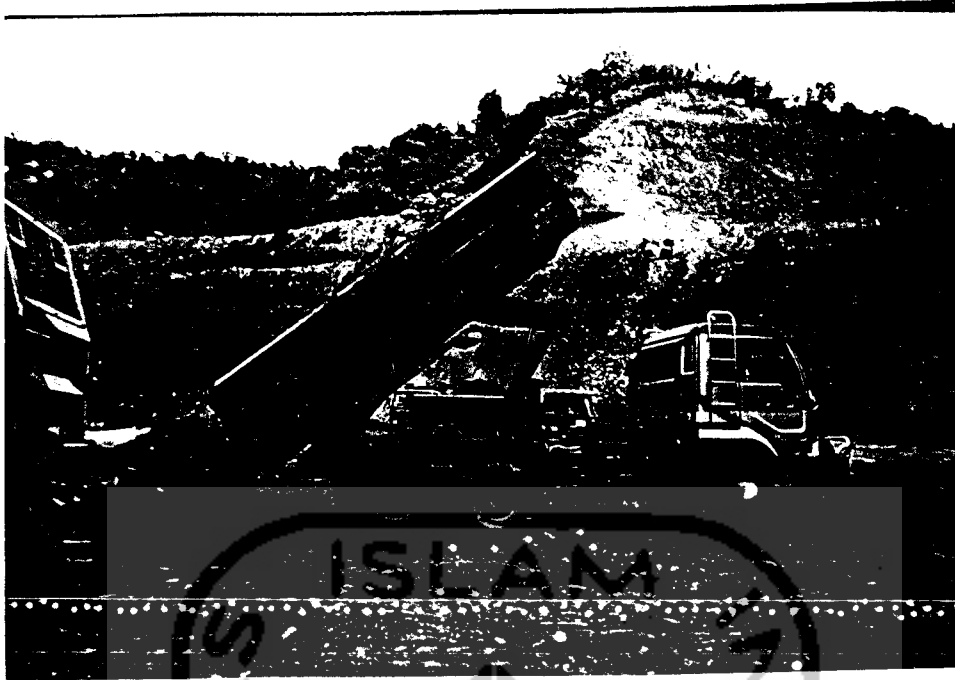
Sumber Rochmanhadi

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

- a. kapasitas alat sesuai dengan volume pekerjaan,
- b. kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim),
- c. sedapat mungkin dihindari ada satu atau lebih alat menganggur karena harus menunggu,
- d. jika terpaksa suatu alat harus menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau alat yang multi fungsi sehingga dapat melaksanakan pekerjaan lain,
- e. alat yang paling berpengaruh terhadap alat lain dalam tim,
- f. produksi/kapasitas tiap jenis alat.

Secara umum jumlah alat dapat dihitung dengan formula :

$$\frac{\text{Produksi alat yang paling berpengaruh}}{\text{Produksi alat dicari}} \dots\dots\dots (3.14)$$



Gambar 3.5. *Dump truck* sedang bekerja

3.6 Cara Kerja Alat

3.6.1 Cara Kerja *Bulldozer*

Pada pekerjaan konstruksi, *bulldozer* bersifat serbaguna dapat melakukan tugas-tugas antara lain sebagai berikut:

- a. pembersihan lapangan pekerjaan dari pepohonan, kayu-kayu, puing-puing bekas bangunan dan sebagainya, pekerjaan ini disebut *clearing*,
- b. pembukaan jalan-jalan kerja darurat menuju ke tempat lokasi pekerjaan,
- c. pembukaan atau pengusuran tanah dalam jarak dekat,
- d. mendorong *scraper* pada waktu memuat (*push*),
- e. meratakan timbunan tanah pada daerah fill, mengisi kembali galian dan sebagainya,
- f. memelihara jalan kerja, jalan angkut,

- g. menyiapkan bahan-bahan dari tempat pengambilan material,
- h. mengupas tanah bagian atas yang jelek atau *stripping*,
- i. meratakan permukaan atau menghaluskan permukaan bidang rata (*finishing*).

Pekerjaan pada bukit yang tanahnya terdiri dari butir yang lepas akan sulit didaki sampai ke puncak oleh traktor, karena tanah akan longsor. Untuk merintis jalan menuju puncak ialah dengan menghadap dozer ke tebing yang akan didaki dengan blade diangkat setinggi mungkin. Dengan kedudukan blade ini traktor digcrakkan maju sedemikian rupa sehingga blade masuk tebing, kemudian traktor digerakkan mundur agar tidak tertimpa longsor tebing akibat gerakan mundur tersebut. Bahan longsor yang terkumpul kemudian diratakan dengan cara *back blading*, ialah dengan meletakkan blade dibelakang ongkongan bekas longsor dan menarik mundur traktor yang akan menghasilkan suatu bidang rata dan mempunyai ketinggian lebih tinggi dari kedudukan semula, kemudian pekerjaan dimulai dengan mengangkat blade tinggi-tinggi dan maju ke depan dan mundur lagi.

3.6.2 Cara kerja *Backhoe*

Untuk mulai menggali dengan *backhoe* bucket dijulurkan ke depan ke tempat galian, bila bucket sudah pada posisi yang diinginkan lalu bucket diayun kebawah seperti dicangkulkan, kemudian lengan bucket diputar kearah alatnya. Setelah bucket terisi penuh lalu diangkat dari tempat penggalian dan dilakukan *swing*, dan material pembuangan hasil galian dapat dilakukan ke truk atau ke tempat lain.

3.6.3 Cara kerja *Dump truck*

Bekerja dengan *dump truck* pada dasarnya sama dengan mengendarai mobil.

Perbedaan dibandingkan mobil adalah:

1. berat *dump truck* lebih besar,
2. sukar melihat kebelakang,
3. untuk pindah gigi persneling diperlukan keterampilan khusus,
4. dalam menempuh jarak angkut yang menanjak dan menurun perlu ketrampilan dan kecermatan,
5. memarkir *dump truck* perlu ketrampilan dan kadang-kadang perlu bantuan orang lain.

Operator atau sopir sangat berperan dalam menempatkan *dump truck* pada waktu muat, karena produksi dari organisasi alat angkut dan alat gali ditentukan pada saat muat ini. Menempatkan *dump truck* dengan cepat pada posisi untuk dimuati diusahakan 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 *cabin 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 dengan memindah gigi ke gigi rendah.

Pada waktu mengangkut ataupun kosong perlu dihindari terjadinya selip. Selip adalah keadaan gerakan mendatar kesamping dari kendaraan yang tidak dapat dikuasai operator. Selip ini biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat dari yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat daripada gerakan kendaraan, misalnya waktu direm, atau dapat terjadi pada tikungan yang tajam dalam keadaan kecepatan tinggi.

Membuang muatan operator harus hati-hati dan cermat. Operator harus yakin bahwa roda-roda berada dipermukaan tanah yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban-ban tidak terperosok ke dalam tanah yang kurang baik, misalnya pada buangan tanah hasil sebelumnya.

3.7 Komponen biaya alat berat

Untuk menganalisa harga satuan pekerjaan harus ditinjau semua biaya yang menyangkut atau biaya yang mempengaruhi harga satuan pekerjaan tersebut yaitu :

3.7.1 Biaya kepemilikan (*owner ship cost*) atau biaya pasti

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhitungkan 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.

1. Harga Pokok (*Initial Cost*)

Harga ini adalah harga pembelian ditambah biaya assembling dan biaya angkutan sampai ke *job site*. Dalam hal pembelian Luar Negeri maka di samping harga CIF Indonesia Port dan biaya-biaya di atas, ditambah dengan biaya handling/inklaring dan bea masuk (bila ada).

2. Penyusutan (*depreciation*)

Dengan diketahuinya harga pokok dihitung besarnya penyusutan yaitu harga modal yang hilang pada suatu peralatan disebabkan oleh umur pemakaian. Guna menghitung besarnya biaya penyusutan perlu diketahui terlebih dahulu umur ekonomis dari alat yang bersangkutan.

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{harga pokok alat}}{\text{umur ekonomis (jam)}} \dots\dots\dots (3.14)$$

3. Asuransi, bunga dan pajak

Rumus asuransi, bunga dan pajak:

$$\text{Asuransi, Bunga, Pajak} = 18\% \times \text{waktu peminjaman} \times \frac{\text{harga pokok}}{\text{umur ekonomis (jam)}} \dots\dots\dots (3.15)$$

a. Asuransi

Biasanya pemborong menutup asuransi untuk pemilikan peralatannya yang dipakai guna menghadapi risiko kecurian, kebakaran dan kecelakaan.

b. Bunga (*interest*)

Konsep yang dipakai adalah *investment interest* per tahun.

Besarnya i agar disesuaikan dengan *interest rate* dari negara pemberi Loan yang bersangkutan.

c. Pajak (*taxes*)

Besarnya pajak yang diperhitungkan biasanya 2% dari *average interest*.

3.7.2 Biaya Operasi

Biaya operasi alat adalah biaya-biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas atau minyak hidroulis, perbaikan atau pemeliharaan dan gaji operator.

Biaya operasi yang dimaksudkan di sini adalah termasuk biaya – biaya untuk :

a. pemakaian bahan bakar

Pemakaian bahan bakar per jam tergantung dari kekuatan mesin dan macamnya bahan bakar yang dipergunakan

b. minyak Pelumas

Kebutuhan minyak pelumas dan minyak hidraulis tergantung pada besarnya bak carter (*crank case*) dan lamanya periode penggantian minyak pelumas, biasanya antara 100 sampai dengan 200 jam pemakaian. Untuk kebutuhan minyak pelumas biasanya pabrik pembuat memberikan prakiraan yang dinyatakan dalam liter/jam tergantung medan kerjanya.

c. operator

Biaya ini tergantung kepada jenis pekerjaan dan pengaturan penggajian yang ada.

Faktor – faktor yang dapat diperhitungkan adalah :

- i. gaji dari operator,
 - ii. gaji dari pembantu operator,
 - iii. gaji dari mekanik,
 - iv. biaya lembur,
 - v. keamanan,
 - vi. tunjangan pengobatan dan lain-lain.
- d. biaya perbaikan dan pemeliharaan

Untuk menjaga kondisi alat agar bekerja normal dan baik perlu adanya pemeliharaan, penggantian suku cadang dengan yang baru. Faktor yang mempengaruhi besarnya biaya perbaikan alat adalah kondisi pemakaian alat, kecakapan operator dan besarnya perawatan yang memadai.

Besar faktor untuk menentukan biaya perbaikan dan pemeliharaan biasanya sudah ada rekomendasi dari pabrik pembuat alat yang besarnya tergantung dari kondisi pemakaiannya.

3.7.3 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. Ketentuan tersebut adalah :

1. dasar perhitungan

a. Waktu penyewaan

Ketentuan waktu penyewaan peralatan ditetapkan sebagai berikut:

- 1) untuk penggunaan siang hari (dalam selang waktu pukul 06.00 s/d 18.00) waktu penyewaan dihitung satu hari sewa = 7 jam,
- 2) untuk penggunaan malam hari (dalam selang waktu pkl 18.00 s/d 06.00), waktu penyewaan dihitung 1 (satu) hari sewa = 7 jam,
- 3) untuk penggunaan siang dan malam hari (1 hari kalender) waktu penyewaan dihitung 2 (dua) hari sewa = 14 jam,
- 4) perhitungan waktu penyewaan ditetapkan sejak dilakukan serah terima pengambilan peralatan dari pool untuk penggunaan/penyewaan sampai saat dilakukan serah terima pengembalian peralatan di pool peralatan atau tempat yang ditetapkan Kepala Kantor/Kepala Satuan Kerja/Pemimpin Proyek,
- 5) untuk hari minggu dan hari-hari libur nasional yang ditetapkan pemerintah tidak diperhitungkan sewa, kecuali peralatan tersebut digunakan/dioperasikan oleh penyewa.

b. biaya sewa peralatan

Biaya sewa peralatan setiap jangka waktu penggunaan ditetapkan atas jangka waktu (hari kerja) dan tarif sewa.

- 1). Tarif sewa peralatan satu hari penyewaan = 7 jam x Faktor Pengali sewa perjam x Harga pokok Peralatan persejuta rupiah.
 - 2). Tarif sewa peralatan digunakan siang dan malam hari (1 hari kalender) = 2 x 7 jam x Faktor Pengali sewa perjam x Harga Pokok Peralatan persejuta rupiah.
- b. Penetapan Umur Ekonomis dan Jumlah Biaya Pemeliharaan.
Umur ekonomis dan jumlah biaya pemeliharaan peralatan ditetapkan sesuai dengan spesifikasi alat, biasanya dari pabrik.
 - c. Faktor Pengali
Faktor pengali sewa per jam untuk masing-masing kelompok peralatan dengan umur ekonomis dan biaya pemeliharaan yang sama dalam tahun sewa tertentu.
 - d. Harga Pokok Peralatan
Harga pokok peralatan ditetapkan oleh Pembina Barang.
2. Penetapan Tahun Sewa Peralatan
 - a. Tahun sewa peralatan ditetapkan berdasarkan tahun kalender dengan perhitungan awal dimulai dari tahun perolehan.
 - b. Dalam hal tahun perolehan peralatan tidak diketahui, maka penetapannya dilaksanakan oleh Penguasa Barang.
 - c. Dalam hal tahun sewa barang telah mencapai/melebihi tahun/umur ekonomis peralatan maka tahun sewa diperhitungan sama dengan tahun/umur ekonomis peralatan.

- d. Umur peralatan yang selesai direkondisi, maka tahun sewa ditetapkan sebagai peralatan baru dengan tahun sewa sama dengan tahun ketiga.

3.8 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 operasi normal dan lembur.

- a. Jam operasi normal

Lama waktu kerja pada setiap hari kerja (senin–sabtu) ditetapkan selama 8 jam/hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal

- b. Jam operasi lembur

Waktu kerja lembur dihitung dari lama waktu kerja yang melebihi batas waktu kerja normal (8 jam/hari). Waktu kerja lembur dilaksanakan sesudah jam operasi normal untuk setiap hari kerja atau penambahan jumlah hari kerja per-minggu (hari minggu). Biaya upah untuk kerja lembur diperhitungkan sendiri sesuai dengan perjanjian kerja atau peraturan yang berlaku untuk daerah setempat.