

Pemindahan Tanah Mekanik

Oleh

Aloysius Tjan

52038 / T

11/8-92

Perpustakaan

Universitas Katolik Parahyangan

Jl. Sekeloa No. 10

BANDUNG

625.732

UNI

Universitas Katolik Parahyangan

Fakultas Teknik Jurusan Sipil

1992

Pendahuluan

Isi tulisan ini sebenarnya adalah sebagian besar sama dengan materi perkuliahan yang telah diberikan pada Fakultas Teknik jurusan Sipil Universitas Katolik Parahyangan pada mata kuliah Pemindahan Tanah Mekanik. Tujuan publikasi ini adalah untuk membantu para mahasiswa UNPAR yang mengambil mata kuliah tersebut. Apabila ternyata manfaatnya lebih besar dari yang penulis harapkan semula, maka tentu saja penulis sangat bersyukur.

Sebagaimana setiap publikasi, maka di sini pun pasti dijumpai beberapa kekurangan, dan untuk itu para pembaca diundang dengan hormat dapat menyampaikan saran perbaikannya.

Pokok Bahasan

- (1) Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan alat.
- (2) Prinsip dasar kerekayasaan pemindahan tanah.
- (3) Traktor dan perlengkapannya (bulldozer, scraper).
- (4) Alat-alat penggalian (excavator).
- (5) Alat-alat angkut (truck, wagon).
- (6) Alat-alat pemadatan (compactor).
- (7) Teknik peledakan dan pemboran.
- (8) Analisis biaya alat.
- (9) Pekerjaan galian dan timbunan.

I. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PEMILIHAN ALAT

Pada dasarnya prinsip dasar pemilihan alat adalah prinsip ekonomis, sehingga dicari alat yang akan menyebabkan pengeluaran biaya yang paling murah dengan memberikan hasil yang paling baik. Dalam pemilihan alat itu ada banyak hal yang perlu dipertimbangkan, sehingga faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dapat dibagi-bagi menjadi: (1) peralatan standar; (2) peralatan khusus; (3) suku cadang; (4) hubungan kapasitas alat dengan biaya; (5) kecocokan alat dengan jenis pekerjaan; dan (6) sumber alat.

I.1. Peralatan Standar

Kriteria yang menentukan apakah suatu alat itu standar atau tidak tidaklah mudah dibuat. Akan tetapi sebagai pegangan yang sederhana dapat dipakai kriteria berikut:

- (1) banyak diproduksi. Suatu alat yang banyak diproduksi sehingga banyak dipasaran, maka alat tersebut dapat dikatakan sebagai peralatan standar.
- (2) sering dipakai. Suatu alat yang sering dipakai oleh sebuah kontraktor dalam pekerjaannya, maka alat itu menjadi peralatan standar baginya. Sekalipun peralatan itu tidak banyak diproduksi dan tidak mudah didapat dipasaran.

Sehingga suatu peralatan standar mempunyai ciri-ciri:

- (1) mendapatkan peralatan standar lebih mudah dan cepat.
- (2) suku cadang peralatan standar mudah didapat dan murah.
- (3) peralatan standar bekas yang ingin dijual lebih mudah dicari pembelinya, serta harga jual peralatan standar lebih baik.
- (4) dapat dipakai di lebih dari satu proyek.

I.2. Peralatan Khusus

Suatu peralatan yang dibuat untuk suatu proyek khusus dengan spesifikasi yang khusus serta untuk suatu pekerjaan yang tertentu saja, dapat dikatakan peralatan itu peralatan khusus. Sehingga suatu peralatan khusus besar kemungkinannya tidak akan cocok dan tidak ekonomis bila dipakai di tempat lain, selain di tempat dimana peralatan itu diperuntukkan.

I.3. Suku Cadang

Suatu peralatan tentunya memerlukan suku cadang untuk mengganti bagian dari peralatan yang rusak atau aus. Berdasarkan kemudahan mendapatkan suku cadang, maka peralatan dapat diklasifikasikan menjadi peralatan yang:

- (a) mudah suku cadangnya, sehingga ada kemungkinan untuk perlu memiliki stok suku cadang atau mempunyai stok sedikit saja, sehingga biaya untuk suku cadang kecil.
- (b) sulit didapat, sehingga harus mempunyai stok suku cadang yang cukup untuk mencegah tidak dapat dipakainya peralatan karena ketidak-adaan suku cadangnya. Hal ini akan menyebabkan penambahan-biaya untuk stok suku cadang.

I.4. Hubungan Kapasitas Alat dengan Biaya

Suatu alat akan mempunyai kapasitas tertentu yang disebut sebagai kapasitas alat. Suatu peralatan yang beroperasi/bekerja akan menimbulkan biaya operasi. Kapasitas alat dan biaya tergantung antara lain dari kondisi alat, kondisi alam, keahlian operator. Pada umumnya ada hubungan antara kapasitas alat dengan biaya, yaitu sebagai berikut:

- (a) biaya operasi tiap satu satuan volume menjadi minimum jika peralatan itu beroperasi sesuai dengan kapasitasnya. Sehingga jika suatu peralatan dioperasikan di bawah kapasitasnya akan menyebabkan biaya operasi tiap satu satuan volume menjadi lebih besar.
- (b) kapasitas alat yang lebih besar akan menyebabkan biaya operasi tiap satu satuan volume menjadi lebih kecil.

Jika kedua hubungan itu dipakai, maka kesimpulan yang diambil tentunya pemakaian alat dengan kapasitas yang terbesar (dengan batas-batas tertentu), sehingga didapat biaya operasi tiap satu satuan volume yang minimum.

Akan tetapi ada kendala lain yang harus diperhitungkan dalam penentuan kapasitas alat yang akan dipilih, antara lain:

- (a) transportasi alat ke lapangan. Suatu alat yang mempunyai kapasitas yang besar tentunya mempunyai dimensi yang besar

serta berat yang besar pula. Karena pada umumnya peralatan itu tidak terdapat di lokasi dimana peralatan itu diperlukan oleh karena itu perlu pengangkutan peralatan (di transportasikan). Jika prasarana transportasi ke lokasi proyek itu terbatas (lebar jalan dan kapasitas jembatan yang terbatas) maka jika melalui prasarana tersebut akan dilalui sarana angkutan peralatan yang besar (tentunya sarana angkutannya juga besar) akan menyebabkan perlunya pekerjaan khusus selama pengangkutan peralatan itu, seperti anantara lain: memperkuat jembatan, memperlebar dan memperkuat jalan yang akan dilalui peralatan serta menyingkirkan hambatan-hambatan lainnya. Hal-hal tersebut tentunya memerlukan biaya.

- (b) kondisi di lapangan. Kondisi di lapangan terutama pada lapangan yang mempunyai kondisi yang buruk (misalnya basah) maka pemilihan kapasitas alat menjadi lebih terbatas. Karena pada lokasi seperti itu jika dipakai peralatan yang mempunyai kapasitas yang terlalu besar ada kemungkinan peralatan tidak dapat dipakai sesuai dengan kapasitasnya agar peralatan masih tetap dapat beroperasi (oleh karena slip).
- (c) kerugian akibat kerusakan alat. Suatu peralatan yang mempunyai kapasitas yang besar akan menyebabkan kerugian yang besar pula jika peralatan itu rusak (tidak dapat beroperasi) serta kelambatan pekerjaan yang parah, jika dibandingkan dengan kerusakan peralatan lain yang kapasitas alatnya lebih kecil.
- (d) ketidak pastian/keraguan peralatan dapat dipakai di tempat lain. Suatu peralatan yang mempunyai kapasitas yang besar harganya lebih mahal daripada peralatan yang kapasitasnya lebih kecil. Sehingga investasi suatu peralatan dengan kapasitas yang besar lebih besar untuk tiap unit alat. Jika peralatan yang besar kapasitasnya itu tidak dapat dipakai di tempat lain (karena terlalu besar) maka kemungkinan ini pun harus diperhitungkan sejak awal pembuatan keputusan pemilihan ukuran kapasitas alat.

I.5. Kecocokan alat dengan jenis pekerjaan

Untuk suatu pekerjaan tertentu terdapat banyak pilihan jenis serta ukuran/kapasitas alat yang dapat dipakai, masing-masing memberikan biaya operasi yang mungkin tidak sama. Dari sedemikian banyak pilihan itu maka 3 hal berikut dapat membantu memilih peralatan yang akan dipakai, yaitu:

- (a) sifat fisik alat. Sifat fisik alat harus disesuaikan dengan keadaan di lokasi (basah, kering, panas).
- (b) waktu. Jika memerlukan untuk mendatangkan peralatan yang sesuai ada kemungkinan perlu waktu yang lama. Sehingga perlu untuk dipertimbangkan pula kemungkinan dipakainya peralatan yang ada disekitar lokasi, walaupun tidak terlalu cocok.
- (c) biaya. Jika suatu peralatan yang secara teoritis paling tepat untuk suatu jenis pekerjaan, akan tetapi belum dimiliki, maka perlu dipertimbangkan kemungkinan pemakaian alat lain yang sudah dipunyai. Bandingkan keuntungan pemakaian alat yang kurang sesuai yang sudah dimiliki dengan peralatan yang cocok tapi belum punya (harus investasi baru).

I.6. Sumber Alat

Ada beberapa kemungkinan untuk memakai suatu peralatan yang diperlukan seperti:

- (a) beli.
- (b) sewa-pakai (leasing). Sewa pakai adalah suatu cara mendapatkan alat tanpa perlu mengeluarkan investasi awal yang besar. Dengan cara sewa-pakai ini maka yang menyewa (lessee) akan memakai peralatan kepunyaan yang menyewakan (lessor) dengan cara membayar sejumlah uang sewa tertentu. Sewa-pakai dilakukan dengan membuat perjanjian kontrak. Pada perjanjian kontrak tersebut dicantumkan sejumlah uang yang harus dibayarkan lessee pada periode tertentu pada lessor.

Ada dua cara untuk mendapatkan alat dengan cara sewa-pakai, yaitu:

- (a) sewa-pakai langsung (direct lease). Hal ini dilakukan jika lessee ingin menyewa alat yang belum dipunyainya.

(b) jual-sewa pakai kembali (sale-lease back). hal ini dilakukan oleh lessee jika ia sudah mempunyai alat yang akan disewanya, yaitu dengan cara menjual alat yang dimilikinya kepada lessor kemudian ia menyewa-pakai alat yang baru saja dijualnya itu pada lessor. Cara ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan likuiditas lessee.

Ada beberapa tipe sewa-pakai yang dikenal, yaitu:

(a) sewa-pakai operasi (operating lease). Tipe sewa-pakai ini mengharuskan dilakukan kontrak sewa-pakai antara lessee dan lessor, dan kontrak dapat dibatalkan didalam waktu kontrak berjalan dengan sanksi lessee harus membayar penalti (hukuman). Sewa-pakai operasi umumnya untuk kontrak jangka pendek. Jangka waktu kontrak lebih pendek dari umur guna alat yang disewa. Lessee harus membayar sejumlah uang sewa tertentu secara periodik. Alat-alat yang diperlakukan dengan sewa-pakai operasi ini biasanya alat yang kurang efisien dan secara teknologis akan ketinggalan jaman (obsolete) untuk jangka waktu yang tidak terlalu lama. Biaya total sewa-pakai operasi lebih kecil dari biaya awal alat yang disewa-pakaikan. Umumnya pemeliharaan alat menjadi tanggung jawab lessor.

(b) sewa-pakai finansial (financial/capital lease). Sewa-pakai finansial dilakukan dengan kontrak sewa-pakai antara lessee dan lessor untuk jangka waktu yang lebih lama dari sewa-pakai operasional dan kontrak tidak dapat dibatalkan (non-cancelable). Sehingga lessee harus tetap membayar sejumlah tertentu secara periodik walaupun alat yang disewa tidak dipergunakan. Total biaya sewa biasanya lebih besar dari biaya awal alat yang disewa-pakaikan. Umumnya pemeliharaan alat menjadi tanggung jawab lessee.

Keuntungan membeli peralatan:

- (1) lebih ekonomis jika peralatan itu sering dipakai.
- (2) peralat dapat dipakai setiap saat diperlukan, tanpa tergantung dari ketersediaan alat pada yang menyewakan.

(3) umumnya keadaan peralatan yang dimiliki sendiri lebih baik daripada keadaan peralatan yang disewa, sehingga kapasitas alat lebih besar daripada peralatan yang disewa.

Kerugian membeli peralatan:

- (1) ada kemungkinan lebih mahal daripada menyewa, terutama pada pemakaian alat yang tidak lama dan tidak terus menerus.
- (2) perlu investasi yang lebih besar.
- (3) ada kemungkinan untuk terpaksa memakai peralatan yang (dimiliki) yang sudah ketinggalan jaman (obsolete) karena sudah ada peralatan yang lebih modern.
- (4) ada kemungkinan pemilik terpaksa untuk memakai peralatan tuanya yang sudah tidak ekonomis lagi (umur ekonomis peralatan sudah dilampaui).

II. PRINSIP DASAR KEREKAYASAAN PEMINDAHAN TANAH

Tanah sangat penting bagi bangunan-bangunan teknik sipil, sehingga dapat diklasifikasikan tanah tersebut berdasarkan fungsinya yaitu:

- (a) sebagai tempat berdirinya fondasi struktur jembatan, gedung, jalan dan lain sebagainya.
- (b) sebagai bahan struktural seperti pada pembuatan tubuh bendung, saluran pengairan dan lain sebagainya.

Untuk pemakaian tanah sebagai disebutkan di atas, maka berdasarkan keberadaannya tanah tersebut di tempatnya maka tanah tadi dapat digolongkan menjadi:

- (1) dapat dipakai langsung untuk dipergunakan. Misalnya karena jenis dan kepadatan tanahnya sudah mencukupi.
- (2) perlu pengolahan dan pemadatan. Jika tanah di lokasi yang akan dipakai itu kurang memenuhi syarat kestabilan dan kepadatan, maka pada tanah tersebut sebelum dipakai sebagai fondasi perlu dilakukan stabilisasi dan kemudian dipadatkan.
- (3) perlu diambil dari tempat lain. Hal ini berlaku jika pada lokasi bangunan teknik sipil, elevasi tanahnya terlalu rendah sehingga perlu dilakukan penimbunan. Dengan demikian perlu didatangkan tanah timbunan dari tempat lain. Setelah dilakukan penimbunan, tanah timbunan itu harus dipadatkan.
- (4) perlu dibuang. Jika elevasi tanah terlalu tinggi dari rencana, maka tanah yang terlalu tinggi itu perlu digali. Sehingga tanah galian itu perlu dibuang.

Dari pembahasan tersebut maka jelas terlihat pada keadaan yang sesungguhnya sangatlah jarang ditemui suatu proyek teknik sipil yang tidak memerlukan pemindahan tanah (termasuk stabilisasi, pemadatan, penimbunan dan pembuangan).

Sifat fisik tanah akan mempengaruhi:

- (1) kemudahan pengerjaan
- (2) pemilihan alat yang cocok
- (3) kapasitas alat yang dipilih.

II.1. SWELL-SHRINKAGE

Jika tanah asli (*undisturbed*) digali, maka volume tanah asli (*bank-measure volume*) pada umumnya akan lebih kecil dari pada volume tanah hasil galian (*loose-measure volume*). Hal yang serupa juga terjadi pada tanah yang dipadatkan (*compactso volume*) akan lebih kecil volumenya dibandingkan volume tanah galian atau tanah asli. Perubahan volume tanah ini erat hubungannya dengan kepadatan. Karena pada umumnya pembayaran untuk pekerjaan tanah dilakukan berdasarkan volume, maka perlu ditentukan dengan pasti dasar perhitungan volume yang akan dipakai (*bank-measure volume* atau *loose-measure volume* atau *compactso volume*).

(a) *bank-measure volume*. Volume tanah yang diukur berdasarkan keadaan aslinya dapat dilakukan pada:

- tempat pengambilan tanah (*borrow pit*) untuk penimbunan
- lubang galian (*trench*)
- saluran
- galian yang akan dibuang (*cut*).

(b) *loose-measure volume*. Volume tanah yang telah dipindahkan dari tempat asalnya akan menjadi lepas (*loose*). Volume seperti ini akan didapati pada volume truk, scraper atau volume timbunan. Kapasitas/volume produksi pada peralatan pemindahan tanah seperti truk dan scraper dihitung berdasarkan *loose-measure volume* ini.

(c) *compactso volume*. Volume padat dapat dipakai untuk menghitung volume tanah timbunan yang telah dipadatkan.

II.1.1. SWELL

Faktor pertambahan volume karena kepadatan tanah berkurang disebut sebagai faktor *swell* (*swell factor - Sw*).

Sehingga persentasi *swell* dapat ditulis sebagai berikut:

$$Sw = (B/L-1)(100)$$

atau

$$Sw = (L'/B'-1)(100)$$

dengan:

Sw = persentasi *swell* [%]

B = kepadatan tanah asli

- B' = volume tanah asli
- L = kepadatan tanah lepas
- L' = volume tanah lepas

II.1.2. SHRINKAGE

Faktor pengurangan volume karena pertambahan kepadatan disebut faktor *shrinkage* (*shrinkage factor* - Sh).

Sehingga persentasi *shrinkage* dapat ditulis sebagai berikut:

$$Sh = (1-B/C)(100)$$

atau

$$Sh = (1-C'/B')(100)$$

dengan:

- Sh = persentasi *shrinkage* [%]
- B = kepadatan tanah asli
- B' = volume tanah asli
- C = kepadatan tanah padat
- C' = volume tanah padat

Beberapa contoh faktor swell dapat dilihat pada tabel berikut (Peurifoy & Ledbetter, 1985).

Tabel 2.1. Persentasi *Swell* Untuk Berbagai Material

Jenis Material	Sw [%]
clean sand/gravel	5-15
top soil	10-25
loamy soil	10-35
common earth	20-45
clay	30-60
solid rock	50-80

Sumber: Peurifoy & Ledbetter (1985)

II.2. ROLLING RESISTANCE

Rolling resistance dapat didefinisikan sebagai:

- (a) besarnya tahanan atau hambatan yang dialami oleh kendaraan yang bergerak akibat perputaran roda disuatu permukaan jalan yang mempunyai kelandaian memanjang 0% (datar); atau
- (b) besarnya gaya tambahan yang perlu diberikan pada kendaraan, agar kendaraan dapat tetap bergerak dengan kecepatan yang

konstan disuatu permukaan jalan yang mempunyai kelandaian memanjang 0% (datar).

Dari definisi butir (b) di atas, maka besarnya faktor *rolling resistance* (FRR) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$FRR = P/W$$

dengan:

FRR= besarnya faktor *rolling resistance* [lb/ton] atau [kg/ton]

P = besarnya gaya yang perlu ditambahkan agar kecepatan kendaraan tetap konstan [lb] atau [kg]

W = total berat kendaraan yang bersangkutan [ton]

Besarnya faktor *rolling resistance* dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

(a) jenis permukaan jalan (seperti antara lain permukaan jalan dari tanah, batuan, beton semen, beton aspal) dan keadaan permukaan jalan (seperti antara lain dalam keadaan basah, kering).

(b) jenis permukaan roda kendaraan

- pada kendaraan dengan roda karet dipengaruhi oleh ukuran ban, tekanan udara dalam ban dan motif bunga ban;
- pada kendaraan dengan roda baja dan crawler track dipengaruhi oleh macam track dan ukurannya.

keadaan permukaan roda kendaraan

- terutama pada roda karet adalah umur dan keadaan bunga ban.

Jika faktor *rolling resistance* yang misalnya didapat dari tabel dikalikan dengan berat kendaraan, maka akan didapat besarnya *rolling resistance total*.

Disamping mencari *rolling resistance total* dengan cara di atas, ada cara lain yang dapat dipakai yaitu sebagai berikut:

(1) Tahanan atau hambatan minimum yang besarnya diambil 2% dari berat total kendaraan (termasuk berat muatannya), kecuali untuk kendaraan dengan ban radial atau truk roda ganda diambil

Tabel 2.2. Faktor *Rolling Resistance* [lb/ton]

Jenis permukaan jalan	Crawler type	Steel tyre	Rubber Tyres (pressure)	
			high	low
Smooth concrete	55	40	35	45
Good Asphalt	60-70	50-70	40-65	50-60
Earth compacted-maintained	60-80	60-100	40-70	50-70
Earth poorly-maintained	80-110	100-150	100-140	70-100
Earth rutted-muddy- no maintenance	140-180	200-250	180-220	150-200

Sumber: Peurifoy & Ledbetter (1985)

1,5% dari berat total kendaraan.

- (2) Tahanan akibat amblesnya roda yang besarnya diambil 0,6% dari berat total kendaraan untuk tiap 1 cm amblesnya ban (1,5% berat total kendaraan tiap 1" amblesnya ban).

Sehingga total *rolling resistance* adalah sebagai berikut:

$$RR = (2\% + 0,6\% x)(GVW)(1000)$$

atau

$$RR = (2\% + 1,5\% X)(GVW)(1000)$$

dan untuk kendaraan dengan ban radial atau truk beroda ganda adalah sebagai berikut:

$$RR = (1,5\% + 0,6\% x)(GVW)(1000)$$

atau

$$RR = (1,5\% + 1,5\% X)(GVW)(1000)$$

dengan:

$$RR = \text{total } \textit{rolling resistance} \text{ [kg]}$$

$$GVW = \text{berat total kendaraan termasuk muatannya [ton]}$$

$$x = \text{dalam amblesnya ban [cm]}$$

$$X = \text{dalam amblesnya ban [inci]}$$

II.3. GRADE RESISTANCE-GRADE ASSISTANCE

Jika kendaraan berjalan di permukaan jalan yang tidak datar maka selain kendaraan mengalami hambatan sebesar total *rolling resistance* akan tetapi kendaraan masih mengalami hambatan lain

yaitu grade resistance bagi kendaraan yang berjalan pada medan dengan kelandaian positif (mendaki) atau grade assistance bagi kendaraan yang berjalan pada medan dengan kelandai negatif (menurun).

Sehingga grade resistance dapat didefinisikan sebagai besarnya gaya yang masih harus ditambahkan pada kendaraan jika kendaraan mendaki agar mempunyai kecepatan konstan disamping penambahan total *rolling resistance*. Sedangkan grade assistance adalah besarnya gaya yang harus dikurangi dari kendaraan jika kendaraan menurun agar kendaraan tetap mempunyai kecepatan konstan disamping penambahan total *rolling resistance*.

Besarnya Faktor *Grade Resistance* (FGR) atau Faktor *Grade Assistance* (FGA) adalah 10 kg tiap 1% kelandaian tiap ton berat kendaraan (10 kg/ton %). Sehingga total grade resistance atau total *grade assistance* adalah:

$$GR = (FGR)(GVW)(G)$$

$$GA = (FGA)(GVW)(G)$$

atau

$$GR = (1\%)(GVW)(1000)(G)$$

$$GA = (1\%)(GVW)(1000)(G)$$

dengan:

$$GR = \text{total grade resistance [kg]}$$

$$GA = \text{total grade assistance [kg]}$$

$$GVW = \text{total berat kendaraan [ton]}$$

$$G = \text{kelandaian medan [%]}$$

Dari ke dua macam tahanan atau hambatan tersebut maka tiap kendaraan akan mengalami hambatan total (*total resistance* = TR) sebesar:

$$TR = RR + GR$$

$$= (2\% + 0,6\%x)(GVW)(1000) + (10)(GVW)(G)$$

$$= (2 + 0,6x + G) 10 (GVW)$$

atau

$$TR = RR - GA$$

$$= (2\% + 0,6\%x)(GVW)(1000) - (10)(GVW)(G)$$

$$= (2 + 0,6x - G) 10 (GVW)$$

Perpustakaan
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Sekeloa 19
BANDUNG

dengan:

- TR = total resistance [kg]
 x = kedalaman amblesnya ban [cm]
 G = kelandaian memanjang medan [%]

II.4. KOEFISIEN TRAKSI

Sebelum mengenal lebih jauh mengenai koefisien traksi, maka akan diingatkan kembali mengenai koefisien gesek/koefisien geser. Koefisien geser adalah suatu perbandingan dari gaya horizontal (P) yang besarnya tepat akan menggeser benda terhadap berat benda (W). Jika besarnya gaya horizontal lebih kecil dari P maka benda akan tetap ditempatnya (tidak bergerak).

Koefisien traksi adalah angka perbandingan antara gaya torsi/putar (P) pada roda yang besarnya tepat akan menyebabkan roda berputar ditempatnya (slip) terhadap berat roda (W) (termasuk beban di atasnya). Jika gaya putar lebih kecil dari P, maka kendaraan akan bergerak (roda mengelinding - rotasi dan translasi) jika gaya tersebut telah lebih besar dari total resistance roda tersebut.

Besarnya koefisien traksi tergantung pada:

- (1) jenis permukaan jalan
- (2) jenis roda - ban karet - bunga ban
 - steel tyres, atau crawler track.

Tabel 2.3. Koefisien Traksi Roda Karet dan Crawler

Jenis Permukaan	Ban Karet	Crawler Track
Dry, rough concrete	0.80 - 1.00	0.45
Dry clay loam	0.50 - 0.70	0.90
Wet clay loam	0.40 - 0.50	0.70
Wet sand & gravel	0.30 - 0.40	0.35
Loose, dry sand	0.20 - 0.30	0.30

Sumber: Peurifoy & Ledbetter (1985)

III. DRAWBAR PULL DAN RIMPULL

Kemampuan suatu alat berat untuk bergerak baik dengan muatan penuh atau kosong atau menarik atau mendorong alat berat lain tergantung dari kekuatan mesin alat tersebut dan gaya traksi maksimum yang dimungkinkan pada medan tersebut. Besarnya kemampuan mesin untuk pekerjaan seperti di atas dikenal dengan istilah drawbar pull untuk kendaraan dengan crawler track dan rimpull bagi kendaraan dengan roda karet.

III.1. DRAWBAR PULL

Drawbar pull adalah kekuatan kendaraan dengan crawler track untuk menarik beban (termasuk berat sendiri), dinyatakan dalam pound atau kilogram.

Besarnya Drawbar pull ini dipengaruhi oleh:

- (a) besarnya rolling resistance;
- (b) besarnya grade resistance-grade assistance (kelandaian medan);
- (c) hubungan kecepatan dan gigi (gear) dari mesin tersebut.

Data drawbar pull yang biasanya dapat dilihat dalam bentuk tabel yang dibuat oleh produsen kendaraan berat yang bersangkutan sudah memperhitungkan rolling resistance bagi kendaraan tersebut untuk medan yang datar dengan faktor rolling resistance 110 lb/ton. Sehingga jika kendaraan dengan crawler track akan dipakai pada medan yang mempunyai faktor rolling resistance yang berbeda dengan yang diperhitungkan pada tabel, maka drawbar pull tersebut perlu dikoreksi. Drawbar pull kendaraan akan menjadi lebih besar jika faktor rolling resistancenya lebih kecil dari 110 lb/ton sedangkan sebaliknya drawbar pull menjadi lebih kecil jika faktor rolling resistancenya lebih besar dari 110 lb/ton.

Sebagai contoh, berikut ini dapat dilihat tabel hubungan antara kecepatan kendaraan, gigi (gear) yang dipakai dan drawbar pull.

Tabel 3.1. Hubungan Gigi-Kecepatan dan Drawbarpull

Gear	Speed [mph]	Drawbar pull [lb]
1	1,72	28.019
2	2,18	22.699
3	2,76	17.265
4	3,50	13.769
5	4,36	10.074
6	7,00	5.579

Tabel 3.1. menunjukkan kinerja bagi kendaraan dengan crawler track seberat 15 ton. Dari tabel tersebut, drawbar pull pada gigi ke 6 dan kecepatan 7 mph adalah 5.579 lb. Jika pada kenyataannya kendaraan ini beroperasi pada medan yang memberikan faktor rolling resistance sebesar 180 lb/ton, maka drawbar pull kendaraan ini menjadi sebesar $5.579 - 15 (180 - 110) = 4.529$ lb.

Drawbar pull sebesar 4.529 lb ini bagi kendaraan yang beroperasi pada medan dengan kelandaian 0%. Jika kendaraan ini beroperasi pada medan dengan kelandaian +5%, maka drawbar pull kendaraan ini menjadi lebih kecil lagi yaitu menjadi $4.529 - (5)(20)(15) = 3.029$ lb.

Arti dari angka-angka drawbar pull itu adalah sebagai berikut:

- (1) pada medan dengan kelandaian 0% kendaraan ini pada kecepatan 7 mph dan gigi ke 6 dapat menarik beban maksimum 4.529 lb, dengan anggapan gaya traksi maksimum tidak dilampaui (gaya traksi maksimum > 5.579 lb).
- (2) pada medan dengan kelandaian +5% kendaraan ini pada kecepatan dan gigi yang sama dapat menarik beban maksimum 3.029 lb, dengan anggapan gaya traksi maksimum tidak dilampaui (gaya traksi maksimum > 5.579 lb).

III.2. RIMPULL

Rimpull adalah gaya traksi maksimum yang dapat diberikan oleh mesin kendaraan dengan roda karet. Gaya traksi ini disalurkan dari mesin kendaraan ke driving wheels. Besarnya gaya traksi maksimum yang dapat diberikan oleh mesin tidak selalu dapat dipergunakan, karena gaya traksi yang mungkin diberikan oleh mesin harus selalu lebih kecil dari gaya traksi maksimum yang dimungkinkan antara roda kendaraan (driving wheels) dan permukaan jalan.

Jika gaya traksi dari mesin lebih besar dari gaya traksi yang dimungkinkan oleh interaksi medan dan roda, dan gaya traksi dari mesin itu digunakan sepenuhnya, maka yang akan terjadi adalah slipnya roda kendaraan. Jika gaya traksi mesin dikurangi sampai maksimum sebesar gaya traksi maksimum yang dimungkinkan oleh medan, barulah kendaraan tidak mengalami slip.

Besarnya rimpull dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Rimpull} = \frac{375 (\text{hp}) (\text{efisiensi})}{v}$$

dengan:

$$\text{rimpull} = [\text{lb}]$$

$$\text{hp} = \text{daya mesin [tenaga kuda (tk) atau horse power (hp)]}$$

$$\text{efisiensi} = \text{efisiensi mesin, besarnya antara } 0,80 \text{ - } 0,85$$

$$v = \text{kecepatan kendaraan [mph]}$$

Sebagai contoh, sebuah traktor ban karet mempunyai daya mesin sebesar 140 hp. Kecepatan traktor ini pada gigi ke 2 adalah 7,10 mph, serta efisiensinya 0,80. Maka besar rimpull traktor adalah $(375)(140)(0,80)/7,10 = 5.915 \text{ lb}$.

Jika traktor ini beroperasi pada medan dengan kelandaian +5% dan faktor rolling resistancenya sebesar 100 lb/ton, maka besarnya rimpull yang masih dapat digunakan oleh traktor untuk menarik beban adalah $5.915 - 12 (100) - (5)(20)(12) = 3.515 \text{ lb}$.

Soal:

- (1) Sebuah crawler tractor dengan berat 15 ton, mempunyai drawbar pull (dari tabel) sebesar 28.019 lb pada kecepatan 1,72 mph gigi ke 1. Tractor ini beroperasi pada medan dengan faktor rolling resistance sebesar 180 lb/ton dan kelandaian medan +5%. Koefisien traksi 0,70. Hitung drawbar pull maksimum dari tractor pada medan seperti ini.
- (2) Sebuah wheel tractor seberat 12 ton mempunyai daya mesin 140 hp dengan efisiensi 0,80. Hitung rimpull tractor ini jika tractor beroperasi pada medan yang mempunyai koefisien traksi 0,5, faktor rolling resistance 200 lb/ton dan kelandaian medan +5% dengan kecepatan 3,25 mph.

III.3. PENGARUH KETINGGIAN/ALTITUDE

Energi mekanis pada mesin didapat dari pembakaran campuran bahan bakar dengan udara (O_2). Konsentrasi O_2 pada daerah yang tinggi lebih kecil daripada konsentrasi O_2 di permukaan air laut. Karena proporsi bahan bakar dengan O_2 tetap konstan, maka banyaknya bahan bakar yang keluar harus dikurangi. Hal ini mengakibatkan daya mesin menjadi berkurang. Daya mesin yang dapat dilihat dari tabel kinerja kendaraan dibuat pada kondisi standar yaitu pada ketinggian muka air laut. Sehingga jika kendaraan beroperasi pada ketinggian medan yang berbeda daripada kondisi test, daya mesin yang dipakai untuk perhitungan harus dikoreksi.

Besar koreksi dapat diperhitungkan sebagai berikut:

- (1) bagi mesin 4 langkah, pada ketinggian > 1000 ft di atas muka air laut, besar daya mesin dikoreksi sebesar 3% tiap 1000 ft.
- (2) bagi mesin 2 langkah, pada ketinggian > 1000 ft di atas muka air laut, besar daya mesin dikoreksi sebesar 1% tiap 1000 ft.

Contoh:

(1) Mesin 4-langkah:

Daya mesin ketinggian di muka ait laut = 140 hp

Mesin beroperasi pada ketinggian 10.000 ft,

jadi koreksi yang harus diberikan:

$0,03 (140) (10.000 - 1.000)/1000 = 37,8 \text{ hp}$

Daya mesin efektif = 102,2 hp

(2) Mesin 2-langkah:

Daya mesin di muka air laut = 140,0 hp

Mesin beroperasi pada ketinggian 10.000 ft,

jadi koreksi yang harus diberikan:

$(0,01) (140) (10.000 - 1.000)/1.000 = 12,6 \text{ hp}$

Daya efektif = 127,4 hp

III.4. GRADABILITY

Gradability adalah kelandaian maksimum [%], sehingga alat (baik crawler ataupun wheel tractor) dapat bergerak pada kecepatan konstan. Gradability dapat ditentukan untuk kondisi alat penuh beban atau tanpa beban.

Besarnya gradability tergantung dari: (a) besarnya drawbar pull atau rimpull yang dihasilkan oleh alat/mesin; (b) gaya traksi maksimum yang dimungkinkan akibat interaksi roda/crawler track da permukaan jalan; (c) rolling resistance; (d) berat alat dan beban.

Dalam penentuan gradability, biasanya kemampuan mesin (kalau ini yang menentukan) tidak pernah dipakai 100%. Hal ini merupakan faktor keamanan dan tinjauan segi keawetan alat, jika dipakai terus menerus (dalam jangka waktu yang lama). Sehingga biasanya diambil 85% dari kemampuan maksimum (rated drawbar pull).

Contoh:

Sebuah crawler tractor dengan berat 20,25 ton, menarik scraper sebesar 39,48 ton. Beban scraper sebesar 1/3 dilimpahkan ke tractor, dan 2/3 diterima oleh as scraper sendiri. Drawbar pull pada gigi ke 1 sebesar 33.714 lb. Faktor rolling resistance tractor = 160 lb/ton dan faktor rolling resistance scraper = 210 lb/ton. Koefisien traksi = 0,70.

Hitung besarnya gradability!

Beban pada driving wheels = $20,25 + 39,48/3 = 33,41$ ton.

Beban pada as scraper = $2 (39,48)/3 = 26,32$ ton.

Gaya traksi maksimum yang dimungkinkan = $(33,41)(0,7) = 23,387$ ton = 46.774 lb.

Drawbar pull tractor sebelum dikurangi oleh rolling resistance = $33.714 + 110 (20,25) = 35.941$ lb.

Besarnya drawbar pull < gaya traksi maksimum, jadi besarnya drawbar pull yang menentukan. Rated drawbar pull = 85%, jadi drawbar pull yang dipergunakan = $0,85 (35.941) = 30.550$ lb.

Akibat rolling resistance baik dari tractor maupun scraper, maka drawbar pull sisa = $30.550 - 160 (33,41) - 210 (26,32) = 19.677$ lb.

Jadi gradability = $(19.677)/(20)(20,25 + 39,48) = 16,5 \%$

Jika ingin dihitung gradability tractor sendiri (tanpa menarik beban) adalah sebagai berikut:

Gaya traksi maksimum = $(20,25)(0,7) = 14,175$ ton = 28.350 lb. ✓

Drawbar pull sebelum dikurangi rolling resistance = 35.941 lb.

Rated drawbar pull = 85%, sehingga drawbar pull = $(0,85)(35.941) = 30.550$ lb. ✓

Rated drawbar pull > gaya traksi maksimum, sehingga yang menentukan adalah keadaan medan dengan gaya traksi maksimum = 28.350 lb.

Drawbar pull sisa setelah dikurangi rolling resistance = $28.350 - (160)(20,25) = 25.110$ lb

Jadi gradability = $25.110/(20)(20,25) = 62\%$

III.5. PERCEPATAN

Percepatan adalah perubahan kecepatan persatuan waktu. Hal ini dapat terjadi jika ada tenaga lebih (drawbar pull atau rimpull) yang dihasilkan mesin setelah tenaga ini dipakai untuk mengatasi rolling resistance dan grade resistance.

Jika suatu alat diharapkan mempunyai percepatan a , dan massa alat adalah m , maka tenaga lebih itu harus sebesar $F = (m)(a)$.

Contoh:

- (1) Suatu alat dengan berat 1 ton, mempunyai tenaga lebih yang dapat dipakai untuk melakukan percepatan sebesar 5 kg. Maka percepatan yang dapat terjadi adalah $= (5)(9,8)/(1000) = 0,049$ m/det²
- (2) Jika dalam contoh soal penentuan gradability untuk tractor dan scraper yang mempunyai gradability 16,5%, diganti menjadi beroperasi dengan medan +15,5% saja, maka akan terdapat tenaga sisa yang dapat dipakai untuk melakukan percepatan. Hitung berapa lama kecepatan sebesar 3 km/jam dapat tercapai dari keadaan diam?

Rated drawbar pull = 30.550 lb.

Sisa drawbar pull setelah dikurangi rolling resistance dan grade resistance = $30.550 - 160(33,41) - 210(26,32) - 20(20,25 + 39,48)(15,5) = 1.160,9$ lb = 580,45 kg.

Jika seluruh sisa drawbar pull ini dipakai untuk melakukan percepatan, maka besarnya percepatan yang dapat terjadi = $(580,45)(9,8)/[(39,48 + 20,25)(1000)] = 0,095$ m/det²

Sehingga kecepatan 3 km/jam = 0,833 m/det akan tercapai dalam waktu = $0,833/0,095 = 8,7$ detik.

III.6. EFISIENSI PEKERJAAN

Faktor ini sangat kompleks dan diperlukan untuk memperkirakan hasil kerja alat berat.

Faktor ini dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

- (1) kecakapan operator
- (2) perbaikan kecil
- (3) kelambatan pekerja
- (4) kelambatan karena lokasi pekerjaan

Jika tidak ada data lain, maka untuk memperkirakan faktor efisiensi dapat dipakai patokan berikut:

Tabel 3.2. Tabel Faktor Efisiensi*)

Waktu Kerja	Jam Kerja Efektif	Faktor Efisiensi
Siang	50 menit/jam	0,83
Malam	45 menit/jam	0,75

*) belum termasuk kelambatan yang disebabkan oleh cuaca dan perbaikan besar. Karena hal ini tergantung pada pengalaman dan kondisi setempat.

IV. TRACTOR/TRAKTOR ✓

Tractor adalah alat berat yang paling penting dalam pekerjaan tanah. Tractor ini jika ditambah alat-alat lain dapat mempunyai fungsi yang khusus sesuai dengan alat tambahan yang dipasang pada tractor.

Tractor dapat digolongkan berdasarkan jenis rodanya, yaitu menjadi: (a) crawler tractor (Gambar 4.1.); dan (b) wheel tractor (Gambar 4.2).

IV.1. CRAWLER TRACTOR ✓

Pada jenis crawler tractor, hal-hal yang menguntungkan antara lain:

- (1) koefisien traksi antara roda dengan permukaan jalan lebih besar pada jalan-jalan yang buruk (basah dan berlumpur). Dengan besarnya koefisien traksi maka gaya traksinya juga menjadi besar, sehingga kemungkinan untuk slip lebih kecil.
- (2) Faktor rolling resistance pada jalan-jalan yang butuk (basah dan berlumpur) nilainya lebih kecil, sehingga rolling resistancena kecil juga. Akibatnya daya mesin yang dipergunakan untuk menarik beban bisa lebih besar.

IV.2. WHEEL TRACTOR ✓

Wheel tractor dapat terdiri dari 2 roda atau 4 roda.

- (1) keuntungan jenis tractor dengan 2 roda adalah:
 - meningkatkan manuver tractor
 - meningkatkan traksi pada sumbu kemudi
 - menurunkan rolling resistance karena berkurangnya jumlah sumbu
 - lebih sedikit ban yang harus dibeli dan dipelihara.
- (2) keuntungan jenis tractor dengan 4 roda adalah:
 - keyakinan operator pada alat menjadi lebih besar (lebih stabil)
 - lebih kecil kemungkinan alat untuk melambung pada jalan bergelombang.
 - memungkinkan kecepatan operasi yang lebih besar (karena

- keyakinan operator bahwa alat lebih stabil)
- dapat beroperasi sendirian.

Secara umum kecepatan wheel tractor lebih tinggi dibandingkan dengan crawler tractor karena kecepatannya bisa mencapai kira-kira 30 mph.

IV.3. KEGUNAAN TRACTOR ✓

- (1) terutama dipakai untuk menarik atau mendorong muatan
- (2) tempat penambahan alat-alat lain, sehingga jika tractor ditambah alat lain, maka namanya berubah sesuai dengan jenis penambahan alat lain itu seperti:
 - bulldozer (Gambar 4.3.)
 - shovel (Gambar 4.4.)
 - ripper (Gambar 4.5.)
 - hoe (Gambar 4.6.)
 - trencher (Gambar 4.7).

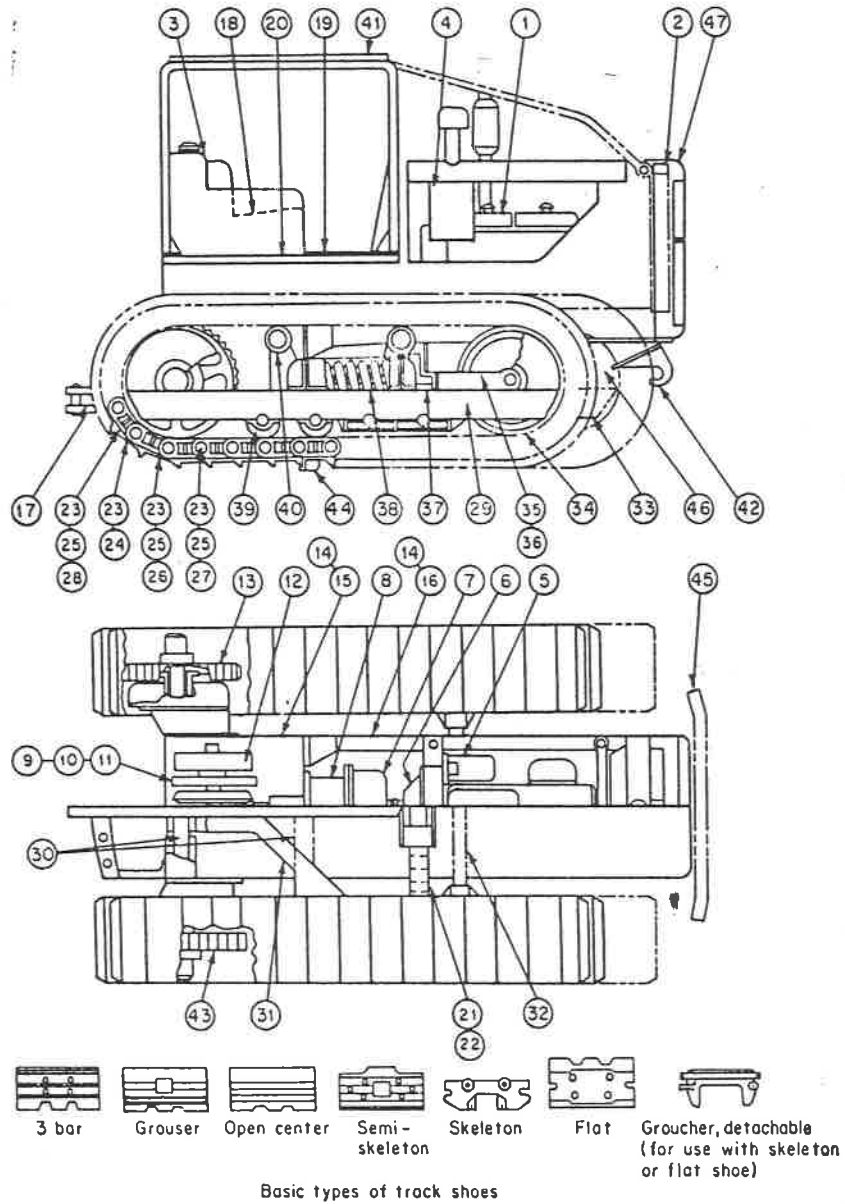
IV.4. KLASIFIKASI UKURAN ALAT

Tractor dibedakan berdasarkan:

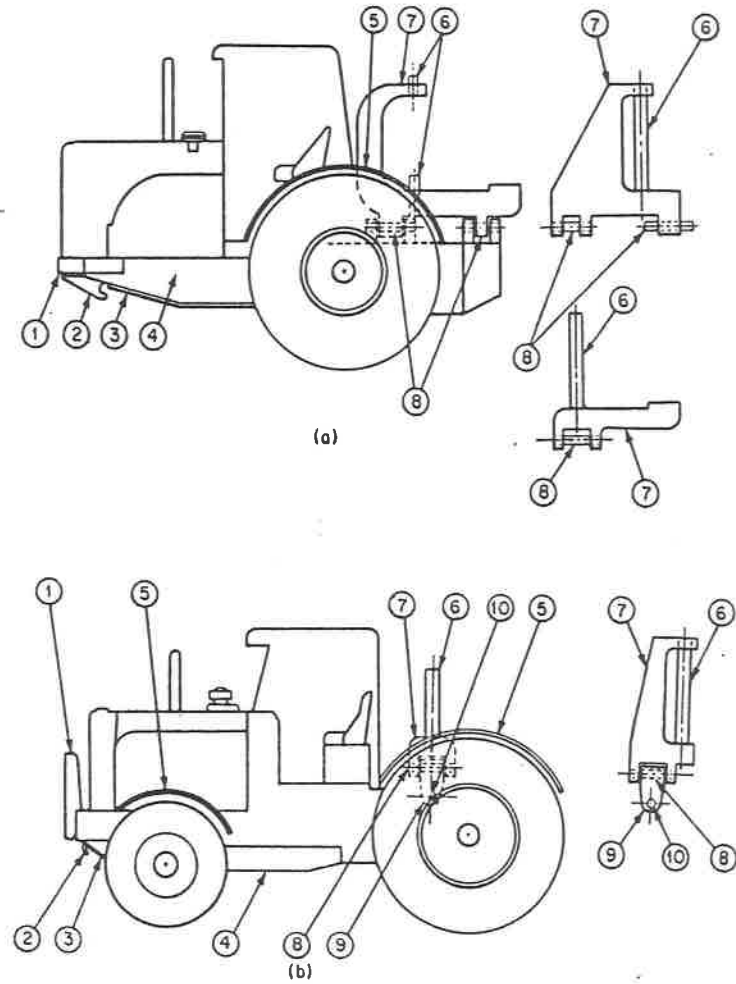
- (1) ukuran atau berat alat
- (2) daya mesin (tenaga)

IV.5. JENIS TRACTOR BERDASARKAN LETAK MESIN DAN RODANYA

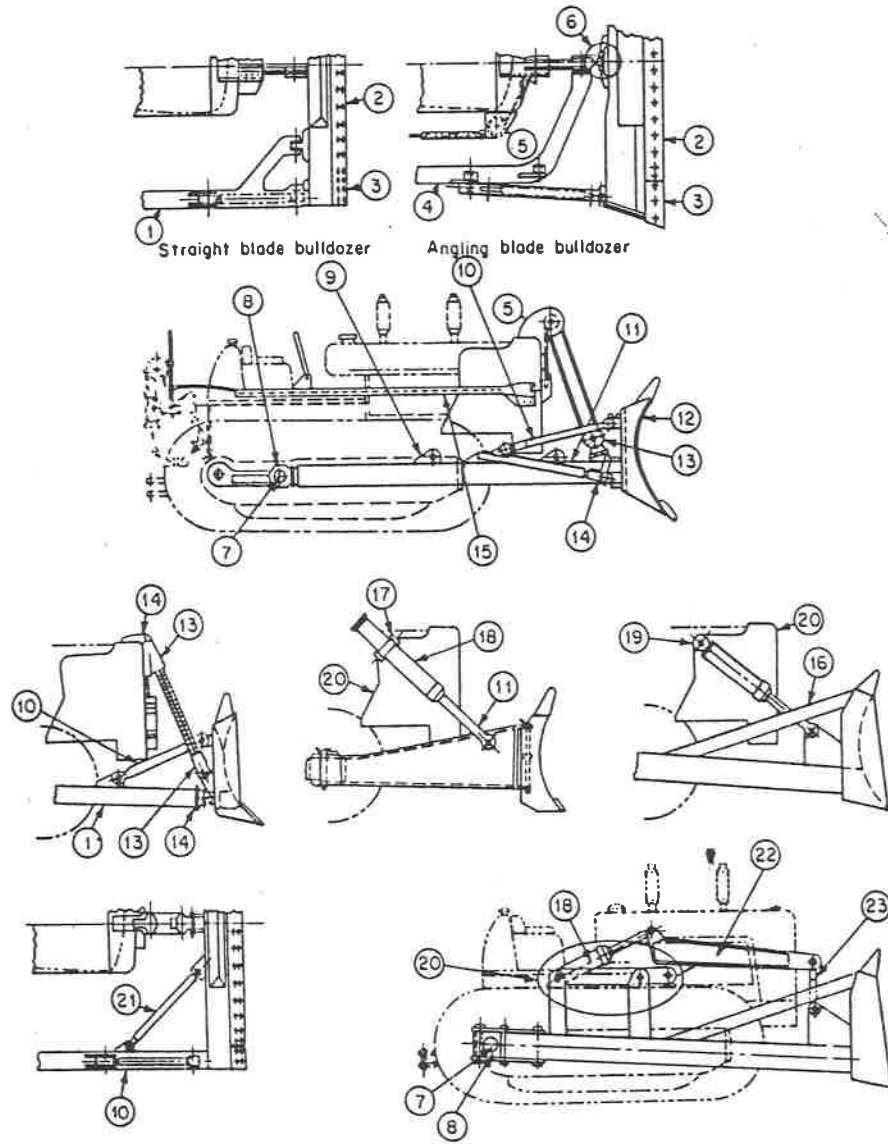
- (1) crawler tractor
 - front engine
 - rear engine.
- (2) wheel tractor
 - two wheel tractor
 - four wheel dengan kombinasi antara lain seperti:
 - * rear wheel steer, four wheel drive, rear engine
 - * rear wheel steer, four wheel drive, front engine
 - * front and rear wheel steer, four wheel drive, rear engine
 - * articulated steer, four wheel drive, rear engine
 - * front wheel steer, rear wheel drive, front engine.



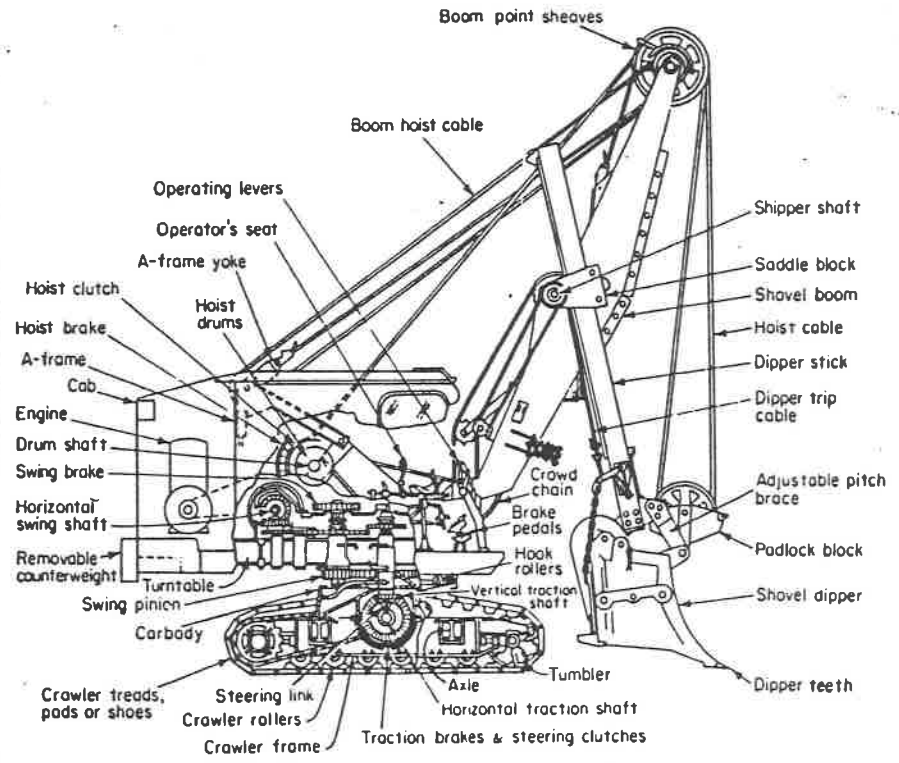
Gambar 4.1 Crawler Tractor



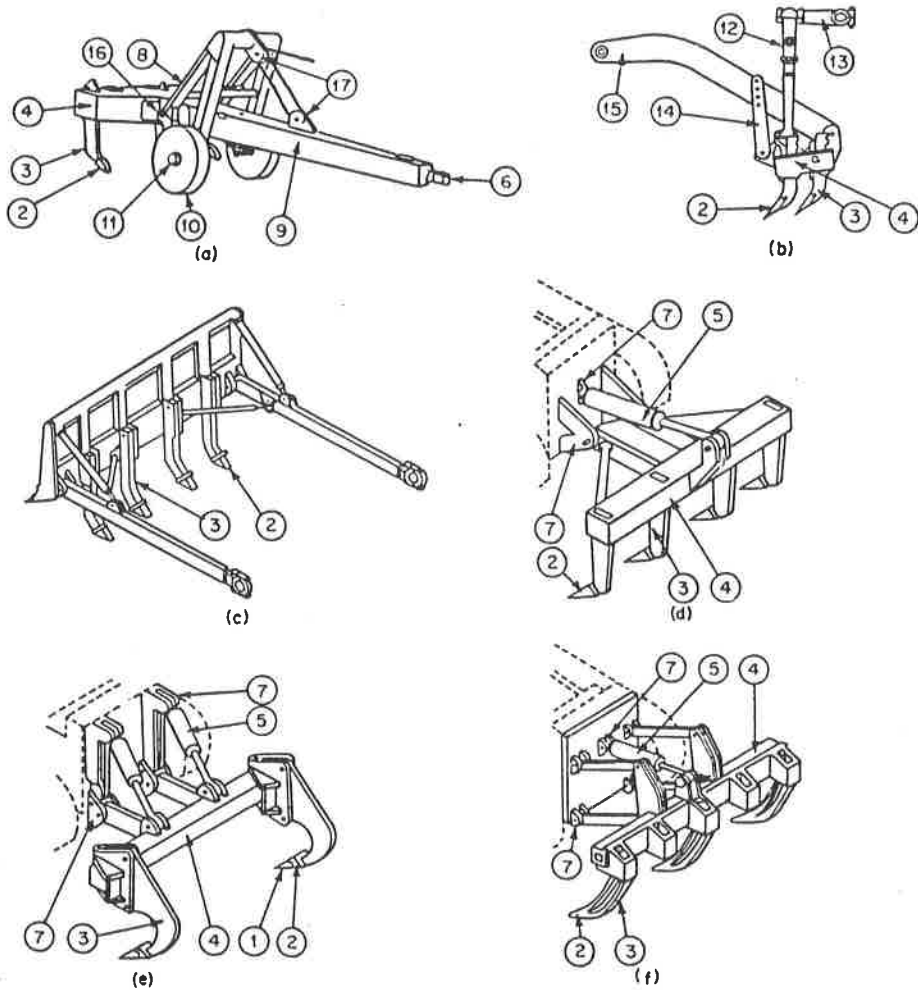
Gambar 4.2 Wheel Tractor (a) Dua Roda;
(b) Empat Roda



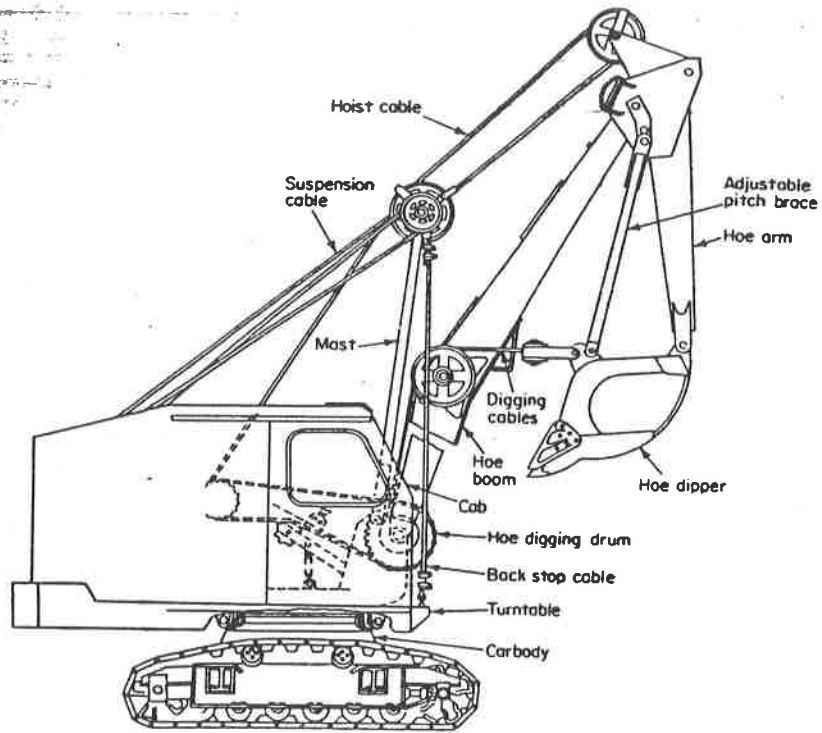
Gambar 4.3 Bulldozer Pada Crawler Tractor



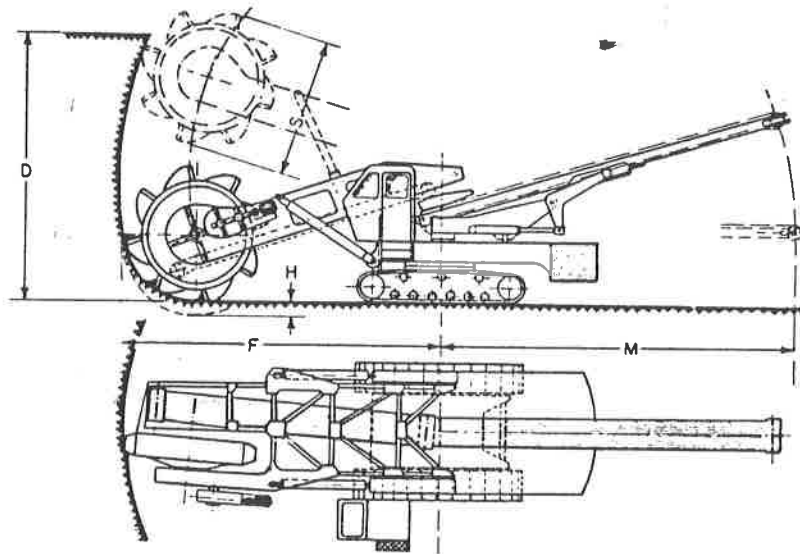
Gambar 4.4 Power Shovel Pada Crawler Tractor



Gambar 4.5 Jenis Pisau Ripper



Gambar 4.6 Back Hoe Pada Crawler Tractor



Gambar 4.7 Trenching Machine Pada Crawler Tractor

V. BULLDOZER ✓

Bulldozer dapat dibedakan berdasarkan:

V.1. JENIS RODA PENGGERAK ALAT ✓

(a) crawler tractor mounted bulldozer.

Keuntungan penggunaan crawler tractor antara lain:

- memberikan gaya traksi yang lebih besar pada tanah lunak dan berlumpur
- dapat bergerak di daerah lunak/berlumpur tanpa tenggelam
- dapat beroperasi di daerah berbatu
- dapat beroperasi di daerah bergelombang dan kasar
- berbagai pekerjaan tanah dapat dilakukan oleh alat ini.

(b) wheel tractor mounted bulldozer.

Keuntungan penggunaan wheel tractor antara lain:

- mempunyai kecepatan beroperasi yang besar di lokasi
- mengurangi keperluan peralatan lain untuk transportasi alat ke lokasi pekerjaan karena dapat berjalan di jalan raya
- jika perlu dapat memindahkan tanah/material dalam jarak yang cukup jauh
- kurang melelahkan dalam pengoperasian.

V.2. JENIS PENGGERAK PISAU (BLADE) BULLDOZER ✓

(a) dengan kabel;

Keuntungan penggunaan penggerak blade dengan kabel antara lain:

- sederhana dalam pemasangan, perbaikan dan pengoperasiannya
- blade dapat diangkat jika ada rintangan yang besar.

(b) dengan hidrolis.

Keuntungan penggunaan penggerak blade dengan hidrolis antara lain:

- dapat memberikan tekanan yang besar pada blade untuk menembus tanah/material
- dapat menempatkan posisi blade yang lebih tepat.

V.3. KEGUNAAN BULLDOZER ✓

Kegunaan bulldozer antara lain adalah:

- (1) land clearing (membersihkan humus, pohon dan tunggul pohon)
- (2) pembuka lahan untuk jalan baik di daerah pegunungan maupun di daerah berbatu
- (3) memindahkan/mendorong tanah sampai kira-kira 100 m
- (4) menarik scraper
- (5) menyebarkan tanah pada timbunan
- (6) menimbun lubang galian
- (7) memelihara jalan proyek (haul road)

V.4. TINJAUAN PISAU/BLADE

- (1) Ukuran blade. Ukuran blade bulldozer bermacam-macam, dengan lebar antara 6,5 - 24 ft, dan tinggi antara 2,5 - 5 ft.
- (2) Bentuk blade. Bentuk blade bulldozer dapat dibedakan menjadi (lihat Gambar 5.1):
 - (a) straight blade ("S" blade). "S" blade umumnya dipakai untuk penggalian (excavation); pioneering; trenching; penimbunan; dan mendorong material kohesif untuk jarak pendek.
 - (b) angle blade ("A" blade). "A" blade ini berukuran lebih lebar dari "S" blade antara 1-2 ft; lebih berat dari "S" blade; penampang melintangnya lebih kecil (tipis) dari "S" blade. Umumnya "A" blade ini dipakai untuk mendorong material kesamping; menimbun saluran.
 - (c) universal blade ("U" blade). "U" blade ini umumnya berukuran lebih lebar dari "S" blade; dipasang pada mesin-mesin besar; penampang melintangnya seperti "S" blade; tepi "U" blade bersudut kira-kira 25° (untuk mencegah tercecernya material yang didorong). Umumnya "U" blade ini dipakai untuk pekerjaan di daerah yang meterialnya non cohesive; pioneering dan land clearing.
 - (d) cushion blade ("C" blade). Umumnya berukuran lebih kecil dari "S" blade; karena ukuran bladanya kecil maka bulldozer dapat bergerak lebih lincah; mengurangi bahaya

terobeknya roda ban karet ketika dipakai untuk mendorong beban. Umumnya "C" blade dipakai untuk mendorong scraper; meratakan daerah kerja scraper.

(3) Pergerakan blade. Jenis pergerakan blade adalah:

- (a) tilting yaitu memiringkan blade
- (b) pitching yaitu menggerakkan blade ke depan dan ke belakang (mengangguk)
- (c) angling yaitu membuat sudut antara bidang blade dengan arah pergerakan bulldozer.

V.5. METODE PEMINDAHAN TANAH DENGAN BULLDOZER

Pemindahan tanah atau mendorong material lain dalam jarak yang tidak terlalu jauh (<100 m) dapat dilakukan dengan bulldozer dengan efektif. Metode pemindahan tanah dengan bulldozer ini antara lain:

(a) down hill slot dozing. Pada metode pemindahan tanah slot dozing ini, bulldozer melakukan gerakan maju (mendorong tanah) dan mundur pada lajur yang sama. Sehingga makin lama makin dalam dan membuat sebuah lorong galian. Dinding lorong galian ini dapat mencegah tercecer (kesamping blade) tanah yang didorong bulldozer. Jadi volume tanah yang dapat didorong tiap kali bulldozer maju menjadi lebih besar.

Jika situasi medan dimana akan dilakukan pendorongan tanah itu merupakan bukit, maka cara yang paling baik adalah mendorong tanah tersebut ke bawah. Karena dengan demikian grade kemampuan mesin untuk mendorong tidak dikurangi oleh grade resistance, malah menjadi lebih besar karena mendapat grade assistance. Jika pendorongan juga dilakukan dengan metode slot dozing, maka nama lengkapnya menjadi down hill slot dozing.

Kapasitas alat secara teoritis tergantung pada (a) jenis tanah; dan (b) ukuran blade. Jika kapasitas alat dapat dihitung, maka output alat tiap jam dapat dihitung pula.

Contoh (1):

Menghitung kapasitas alat adalah sebagai berikut:

Ukuran blade panjang 9,5 ft dan tinggi 3 ft. Jika kemiringan tanah di muka blade adalah 1:2 (vertikal : horizontal), dan faktor pengembangan (Swell factor) 25%, hitung kapasitas alat tiap kali mendorong (baik loose measure volume maupun bank measure volume).

$$\text{Volume (loose measure)} = (3)(6)(9,5)/2 = 85,5 \text{ cuft}$$

$$\text{Volume (bank measure)} = 85,5/(1,25) = 68,4 \text{ cuft}$$

Contoh (2):

Alat dengan ukuran blade seperti contoh (1) melakukan pengupasan tanah dan pendorongan sejauh 30 m dengan metode slot dozing. Faktor efisiensi 0,83. Kecepatan, mendorong bulldozer 2,5 km/jam, dan kecepatan mundur (kembali) 5,5 km/jam. Waktu yang diperlukan untuk melakukan ganti gigi, percepatan, perlambatan dan lain-lain (fixed time) adalah 20 detik, maka hitung out put alat tiap jam untuk tiap bulldozer.

$$\text{Waktu untuk mendorong} = 30/(2500/3600) = 43,5 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu mundur} = 30/(5500/3600) = 19,6 \text{ detik}$$

$$\text{Fixed time} = 20,0 \text{ detik}$$

----- (+)

$$\text{Jumlah waktu tiap 1 siklus (maju-mundur)} = 83,1 \text{ detik}$$

Sehingga selama satu jam dapat dilakukan sebanyak $(3600/83,1) \cdot 0,83$ siklus. Jika volume tanah (loose) tiap siklus adalah 85,5 cuft, maka volumenya tiap jam adalah 2459 cuft (kira-kira 68,4 m³).

Jika metode pendorongan buka dengan slot dozing maka kapasitas tiap kali mendorong menjadi lebih kecil 25% sehingga:

$$\text{Volume (loose measure)} = 0,75 (85,5) = 64,1 \text{ cuft}$$

$$\text{Volume (bank measure)} = 0,75 (68,4) \text{ cuft}$$

(b) side-by-side dozing. Jika metode pendorongan seperti slot dozing dilakukan dengan dua bulldozer sekaligus dengan tiap blade dari masing-masing bulldozer menempel satu dengan lainnya, maka disebut side-by-side dozing. Kapasitas alat dengan metode ini menjadi lebih besar 50% dibandingkan kapasitas jumlah masing-masing alat dengan metode slot dozing.

Sehingga kapasitas alat dengan side-by-side dozing untuk tiap bulldozer adalah:

$$\text{Volume (loose measure)} = 85,5 (2) (1,5)/2 = 128,3 \text{ cuft}$$

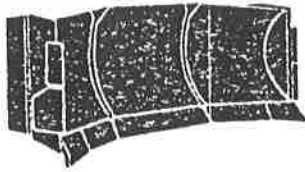
$$\text{Volume (bank measure)} = 128,3 /1,25 = 102,6 \text{ cuft}$$

V.6. LAND CLEARING

Pekerjaan land clearing meliputi: (a) merobohkan pohon dengan akarnya; (b) menghilangkan tanaman tanpa membongkar akarnya; (c) menghilangkan rumput-rumputan (lapis berhumus/organis).

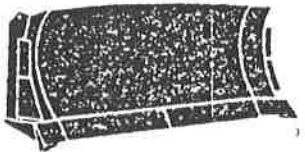
Merobohkan pohon dengan akarnya dapat dilakukan dengan:

- (a) Mendorong pohon langsung dengan blade bulldozer biasa, atau dengan blade khusus (V-blade). Terutama pohon-pohon yang tidak terlalu besar.
- (b) Jika pohonnya terlalu besar maka perlu dilakukan penggalian di sekitar batang pohon tersebut.
- (c) Selain itu jika tidak dipakai blade, maka ada cara lain dengan perlengkapan tambahan seperti:
 - rantai yang ditarik traktor (dua buah traktor)
 - kabel baja yang ditarik oleh traktor (dengan hoistnya)
 - grapple shear cutting
 - dengan clamp rake
 - land clearing rake
 - rippers.



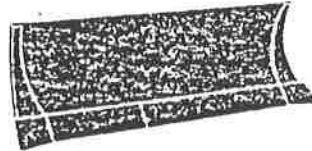
"U"—Universal blade—the large wings on this blade make it efficient for moving big loads over long distances as in land reclamation, stockpile work, charging

hoppers and trapping for loaders. As this blade has a lower HP/foot (or kW/meter) of cutting edge than an "S", penetration should not be a prime objective. With a lower HP/LCY (or kW/Lm³) than an "S", this blade is best for lighter or relatively easily dozed material. Equipped with tilt cylinders (standard on D7, D8, D9 and D10), it has some of the versatility of the "S" blade. A tilt cylinder improves its ability to ditch, pry out, and level. This extends its use to many utility tasks.



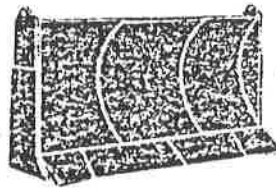
"S" — The Straight blade is the most versatile bulldozer available. Its modified "U" design (available only on the D8, D9 and D10) makes it a good production

dozing tool. Since it is physically smaller than the "U" dozer, it is easier to maneuver and can handle a wider range of materials. It has a higher HP/foot of cutting edge than the "U" blade; consequently, the "S" is more aggressive in penetrating and obtaining a blade load. A tilt cylinder (standard on D7, D8, D9 and D10) increases both the productivity and versatility of this dozer. With a high HP/LCY, the "S" blade can handle heavy material easily. Equipped with a push plate, it is effectively used for push loading scrapers.



"A" — Or Angling blade can be positioned straight or angled 25 degrees to either side. It is designed for side-casting, pioneering roads, backfilling, cutting

ditches and other similar tasks. It can reduce the amount of maneuvering required to do these jobs. Its "C" frame can be used for attachments such as pushing, land clearing, or snow removal tools.



"C" — The Cushion blade is used on the D9 and D10 for on-the-go push-loading. Rubber cushions allow the dozer to absorb the impact of contacting a scraper push

block. When not push-loading, the dozer can be used for cut maintenance and other general dozing jobs. The narrow width of the "C" dozer increases machine maneuverability in congested cuts and reduces the possibility of cutting tires associated with "S" & "U" blades.

Gambar 5.1 Empat Macam Blade Bulldozer

VI. SCRAPER ✓

Scraper adalah alat yang ditarik atau didorong oleh tractor dengan fungsi sebagai alat untuk:

- (a) mengupas tanah (Gambar 6.1.)
- (b) memuat hasil kupasan ke dalam bowl (Gambar 6.1.)
- (c) mengangkut hasil kupasan ke lokasi pembuangan atau lokasi timbunan
- (d) menyebarkan hasil kupasan pada lokasi timbunan (Gambar 6.2.).

VI.1. TYPE SCRAPER ✓

- (a) crawler-tractor pulled: untuk jarak angkut yang relatif pendek atau lokasi buruk.
- (b) wheel-tractor pulled: untuk jarak angkut yang lebih jauh terdiri dari: - single engine; - twin engine; - two-bowl tandem; - elevating scraper.

Ukuran scraper berdasarkan volume dari bowl-nya. Dapat dinyatakan dengan volume struck atau heaped.

VI.2. OPERASI KERJA

(1) Operasi Pemuatan

- cutting edge diturunkan sampai kedalaman yang diinginkan; apron naik.
- scraper maju; tanah masuk ke dalam bowl
- setelah bowl penuh, cutting edge diangkat; apron turun.

(2) Operasi Penyebaran

- cutting edge diturunkan setinggi hamparan yang diinginkan
- untuk loose material: - apron dinaikan
- untuk sticky material: - apron dinaik-turunkan atau ditambah dengan ejector, agar material bisa keluar dari bowl.

VI.3. OUTPUT SCRAPER

(1) volume angkut bowl (loose measure). Volume tiap kali angkut dapat diambil berdasarkan:

- data dari produsen, seperti struck volume atau heaped volume

- data lapangan, disesuaikan dengan volume yang ternyata efektif (tergantung dari jenis material dan kemahiran operator)

(2) faktor efisiensi.

(3) waktu yang dibutuhkan tiap siklus (kupas-angkut-tebar-kembali) yang besarnya tergantung dari:

- fixed time: berupa waktu muat, bingkai, ganti gigi dll.
- haul time
- return time.

VI.4. CONTOH

(1) Sebuah crawler-tractor pulled scraper dengan data tractor dan scraper sebagai berikut:

(a) tractor:

berat = 24.600 lb

Gigi	Kecepat [ft/min]	Drawbar Pull [lb]
1	123	21.351
2	194	13.454
3	282	9.090
4	405	5.994
5	528	4.550

(b) scraper:

kapasitas: - struck = 8,7 cuyd
 - heaped = 11,0 cuyd

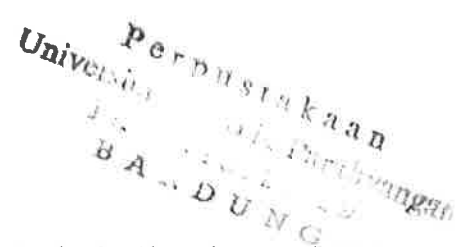
berat kosong = 18.800 lb

lebar cutting edge = 8 ft

Jenis tanah: sandy clay, dengan berat isi (bank measure volume) = 2.700 lb/cuyd; swell = 20%

Faktor rolling resistance dari crawler = 150 lb/ton, koefisien traksi = 0,70 sedangkan faktor rolling resistance wheel dari scraper = 200 lb/ton.

Kondisi memuat dan penyebaran: didorong tractor dengan kecepatan 123 ft/min. Kelandaian medan = 0%. Jarak angkut = 800 ft. Tebal timbunan = 9 in. Dalam garukan = 4 in. Faktor



efisiensi = 0,75. Waktu ganti gigi dll = 0,7 min/siklus.

Hitung output scraper!

Jawaban

Anggap volume bowl efektif tiap siklus = 10 cuyd (loose measure volume) = 270 cuft. Jadi volume bank measure = 8,3 cuyd = 224,1 cuft.

Dengan volume bowl seperti itu, dan tebal garukan sedalam 4 in (1/3 ft) serta lebar cutting edge 8 ft, maka panjang garukan = $224,1 / \{(8)(1/3)\} = 84 \text{ ft.}$

Dengan volume yang sama ketika akan ditebarkan dengan tebal tebaran = 9 in (loose) = 3/4 ft, maka panjang timbunan = $270 / \{(8)(3/4)\} = 45 \text{ ft.}$

RR tractor = $(24.600)(150) / (2000) = 1.845 \text{ lb}$

RR scraper (kosong) = $(18.800)(200) / (2000) = 1.880 \text{ lb}$

RR scraper (fully loaded) = $\{18.800 + (8,3)(2.700)\} 200 / 2000 = 4.121 \text{ lb}$

Jika kekuatan mesin dipakai 80% dari kemampuannya, maka untuk mengatasi total resistance pada saat kosong harus mempunyai drawbar pull = $(1.845 + 1.880) / 0,8 = 4.656 \text{ lb.}$ Pada saat penuh (fully loaded) = $(1.845 + 4.121) / 0,8 = 5.966 \text{ lb.}$

Gigi	Kecepatan [ft/min]	Drawbar Pull [lb] Tabel	Asli
1	123	21.351	22.704
2	194	13.454	14.807
3	282	9.090	10.443
4	405	5.994	7.347
5	528	4.550	5.903

Pakai gigi ke-4 dengan kecepatan maksimum 405 ft/min pada saat scraper fully loaded dan pakai gigi ke-5 dengan kecepatan maksimum 528 ft/min pada saat kosong.

Waktu untuk tiap siklus:

- (a) fixed time: muat = $(84/123)$ = 0,68 min
 penyebaran = $(45/123)$ = 0,37 min
 ganti gigi dll = 0,70 min
 (b) haul time: $(800/405)$ = 1,98 min
 (c) return time: $(800/528)$ = 1,52 min

 Total waktu 1 siklus = 5,25 min

Sehingga output 1 jam = $(60)(0,75)(8,3)/(5,25) = 71$ cuyd (bank measure volume).

(2) Sebuah wheel-tractor pulled scraper 2-sumbu dengan berat 34.000 lb.

(a) tractor 2-roda dengan data sebagai berikut:

Gigi	Kecepatan [mph]	Rimpull [lb]
1	3,41	17.400
2	7,25	8.200
3	12,63	4.700
4	22,28	2.660
5	35,03	1.695

(b) scraper 2-roda dengan kapasitas bowl 15 cuyd.

(c) medan: Jarak [ft] Kelandaian [%] return

1.200	0		
1.600	- 8		
800	+ 6		

haul

(d) material: berat isi (bank measure volume) = 2.400 lb/cuyd;
 swell = 25%; faktor rolling resistance = 80 lb/ton;
 koefisien traksi = 0,6.

(e) akselerasi membutuhkan rimpull sebesar 20 lb/ton.

(f) fixed time = 2,5 menit; faktor efisiensi = 0,75.

Hitung output tiap jam!

Jawaban

(a) Kapasitas scraper = 15 cuyd (loose) = 12 cuyd (bank measure). Distribusi beban dianggap merata, sehingga 50% tiap sumbu.

(b) Gaya traksi maksimum dalam keadaan kosong
 = $0,5 (34.000)(0,6) = 10.200 \text{ lb}$

(c) Gaya traksi maksimum dalam keadaan penuh beban
 = $0,5 \{34.000 + (12)(2.400)\} 0,6 = 18.840 \text{ lb}$

(d) Waktu yang diperlukan tiap siklus:

- fixed time: 2,5 menit

- haul time untuk 1.200 ft 0%

$$RR = \{34.000 + (12)(2.400)\} 80 / (2.000) = 2.512 \text{ lb}$$

$$\text{Akselerasi} = \{34.000 + (12)(2.400)\} 20 / (2.000) = 628 \text{ lb}$$

$$\text{Total RR dan akselerasi} = 3.140 \text{ lb}$$

Jika dipakai, kemampuan alat sebesar 80%, maka rimpull yang harus tersedia = $3.140 / 0,8 = 3.925 \text{ lb}$.

Sehingga dipakai gigi ke-3 dengan kecepatan maksimum = 12,63 mph = 12,63 (88) = 1.111 ft/min. Haul time = $(1.200) / (1.111)$ menit.

- haul time untuk 1.600 ft - 8%

$$RR + \text{akselerasi} = 3.140 \text{ lb}$$

$$\text{Grade assistance} = (-8)(20)\{34.000 + (12)(2.400)\} / 2.000$$

$$= - 5.024 \text{ lb. Total} = - 1.884 \text{ lb. Artinya kelandaian medan dapat mengatasi hambatan rolling resistance, dan$$

kecepatan alat dapat diatur sesuai dengan mecekatan operator. Misalnya operator memilih kecepatan 30 mph = 2.640 ft/min. Haul time = $(1.600) / (2.640)$ menit.

- haul time untuk 800 ft + 6%

$$RR + \text{akselerasi} = 3.140 \text{ lb.}$$

$$\text{Grade resistance} = (6)(20)\{34.000 + (12)(2.400)\} / 2.000 =$$

$$3.768 \text{ lb. Total} = 6.908 \text{ lb. Dengan mengambil tenaga alat sebesar 80\% kemampuannya, maka rimpull yang harus tersedia} = 6.908 / 0,8 = 8.635 \text{ lb.}$$

Dipilih gigi ke-2 dengan kecepatan maksimum = 7,25 mph = 638 ft/min. Haul time = $800 / 638$ menit.

- total haul time = 2,94 menit.

* return time untuk 800 ft - 6%

$$RR + \text{akselerasi} = (80 + 20)(34.000/2.000) = 1.700 \text{ lb.}$$

$$\text{Grade assistance} = (20)(6)(34.000/2.000) = -2.040 \text{ lb.}$$

Total = - 340 lb. Jadi kecepatan latan tergantung operator misalkan diambil = 30 mph = 2.640 ft/min.

$$\text{Return time} = (800)/(2.640) \text{ menit.}$$

* return time untuk 1600 ft + 8%

$$RR + \text{akselerasi} = 1.700 \text{ lb. Grade resistance} =$$

$$(8)(20)(17) = 2.720 \text{ lb. Total} = 4.420 \text{ lb. Jika diambil}$$

80% kemampuan alat, maka rimpull yang harus tersedia =

$$4.420/0,8 = 5.525 \text{ lb. Jadi dipilih gigi ke-2 dengan}$$

$$\text{kecepatan } 7,25 \text{ mph} = 638 \text{ ft/min. Return time} = 1.600/638$$

menit.

* return time 1.200 ft 0%

$$RR + \text{akselerasi} = 1.700 \text{ lb. 80\% kemampuan alat} =$$

$$1.700/0,8 = 2.125 \text{ lb. Sehingga pakai gigi ke-4 kecepatan}$$

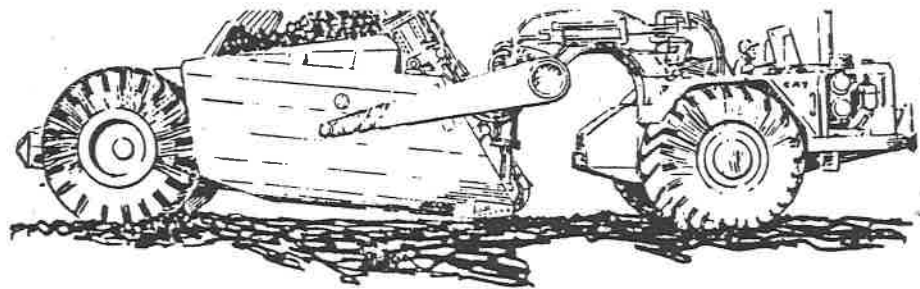
$$= 22,28 \text{ mph} = 1.960 \text{ ft/min. Return time} = 1.200/1.960$$

menit

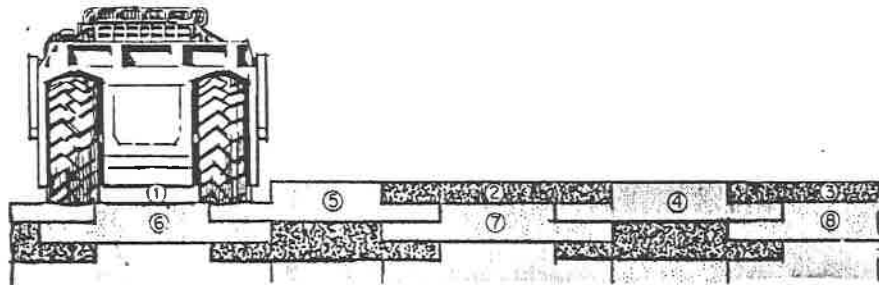
* total return time = 3,42 menit.

$$\# \text{ total waktu 1 siklus} = 2,5 + 2,94 + 3,42 = 8,86 \text{ menit}$$

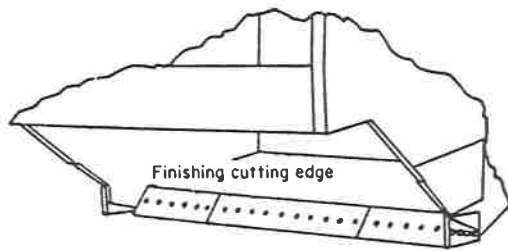
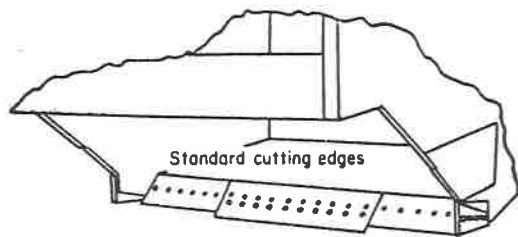
$$(e) \text{ output alat tiap jam} = (60)(0,75)(12) \div (8,86) = 60,9 \text{ cuyd bank measure volume.}$$



(a)



(b)

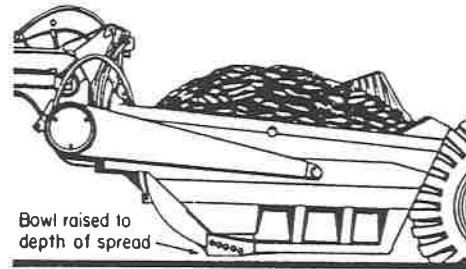


(c)

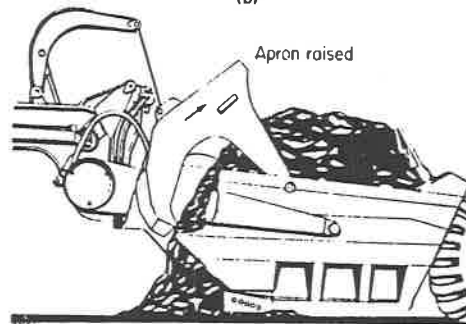
Gambar 6.1 Cara Memuat/Mengupas Scraper



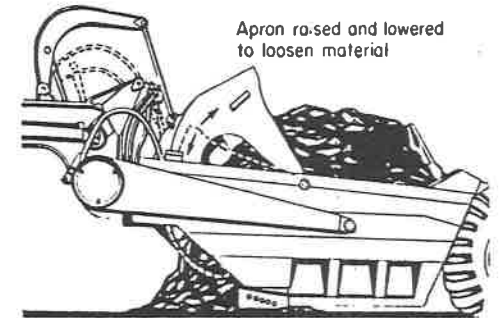
(a)



(b)

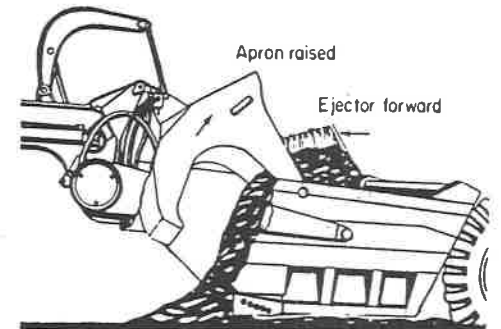


(c)



Apron raised and lowered to loosen material

(d)



Apron raised

Ejector forward

(e)

Gambar 6.2 Cara Penyebaran Hasil Kupasan Scraper

VII. TRUCK (TRUK)/WAGON ✓

Fungsi alat ini adalah untuk mengangkut bahan galian, timbunan dll. Pada umumnya truck dapat dibagi menjadi 2 golongan, yaitu: (1) on-highway truck; dan (2) off-highway truck. Dasar penggolongan ini adalah berdasarkan: (a) legal limit (berdasarkan dimensi alat); dan (b) bahan konstruksinya.

Y Penggolongan berdasarkan legal limit, untuk off-highway truck adalah:

- (1) lebar > 8,5 ft
- (2) beban tiap sumbu > 24.000 lb

Penggolongan berdasarkan konstruksinya, untuk off-highway truck adalah:

- (1) truck didesain untuk menerima beban kejut yang besar
- (2) badan truck memakai high tensile steel
- (3) mesin diesel dengan nisbah berat/tenaga kuda lebih kecil dari on-highway truck
- (4) kecepatan lebih rendah daripada on-highway truck (40 - 45 mph) dengan gradability yang lebih besar (25 - 40 %)

Kapasitas truck dapat dinyatakan dalam:

- (a) berat muatan yang dapat diangkut
- (b) volume muatan yang dapat diangkut, baik dinyatakan dalam struck volume atau heaped volume

Jenis off-highway truck

- (1) rear-dump truck (truck chassis) (Gambar 7.1.)
- (2) bottom-dump tractor-trailer
- (3) side-dump truck (truck chassis) (Gambar 7.2.)
- (4) side-dump tractor-trailer (Gambar 7.3)
- (5) rear-dump tractor-trailer

Pemakaian rear-dump truck untuk :

- (1) material yang diangkut dapat dicurahkan, seperti batu, bijih besi dll dengan diameter > 12 in atau material yang lepas (loose) yang dapat mengalir seperti pasir.

- (2) diinginkan truck dengan gradability yang besar
- (3) dapat bermanuver dengan cepat di lokasi pemuatan dan penimbunan

Pemakaian bottom-dump tractor-trailer untuk:

- (1) material yang diangkut dapat dicurahkan, seperti tanah lepas, pasir, batu pecah dll.
- (2) medan berupa tanah lunak atau pasir. Tekanan udara dalam ban antara 30 -50 psi.
- (3) jarak angkut jauh, medan agak datar (gradability sekitar 5%) dan kecepatan tinggi
- (4) mengeluarkan muatan sambil berjalan
- (5) mengeluarkan muatan dalam keadaan diam (muatan dimasukan ke dalam hopper)
- (6) biaya angkut material per ton lebih murah
- (7) operasi dan pemeliharaan alat sederhana.

Pemakaian side-dump truck untuk:

- (1) angkutan untuk crusher dari quarry
- (2) stabilitas ke samping truck cukup baik
- (3) menumpahkan muatan sambil jalan
- (4) menumpahkan muatan hanya pada sisi tertentu dengan sudut putar bak muatan kira-kira 55° .

Ukuran/volume truck tergantung dari ukuran alat gali atau alat muat (loader)

Keuntungan truck kecil dibandingkan dengan truck besar:

- (1) lebih lincah dalam bermanuver
- (2) cocok untuk jarak angkut yang pendek
- (3) mempunyai kecepatan yang lebih besar
- (4) mempunyai pengaruh yang kecil terhadap output keseluruhan armada jika ada truck yang rusak
- (5) mudah menyesuaikan jumlah truck dengan kapasitas output alat gali.

Kerugian truck kecil dibandingkan dengan truck besar:

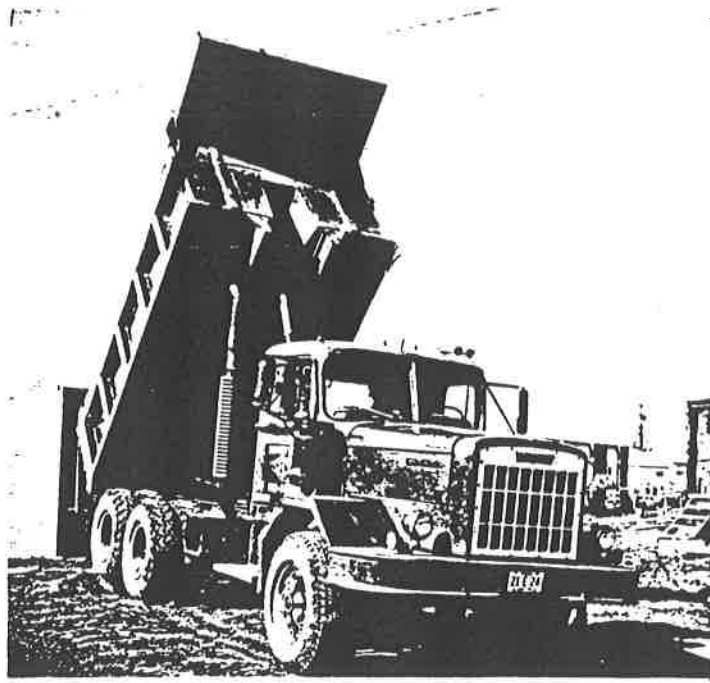
- (1) lebih sulit menuangkan muatan (dari loader) ke tempat (bak) yang kecil
- (2) total lost time lebih besar, karena truck harus berkali-kali (pergi-pulang) untuk menghasilkan output yang sama
- (3) diperlukan operator yang lebih banyak
- (4) diperlukan lebih banyak truck untuk output tiap jam yang sama, sehingga total investasi, pemeliharaan, perbaikan dan persediaan suku cadang dapat lebih besar
- (5) mungkin terjadi kemacetan di lokasi pemuatan dan penimbunan.

Keuntungan truck besar:

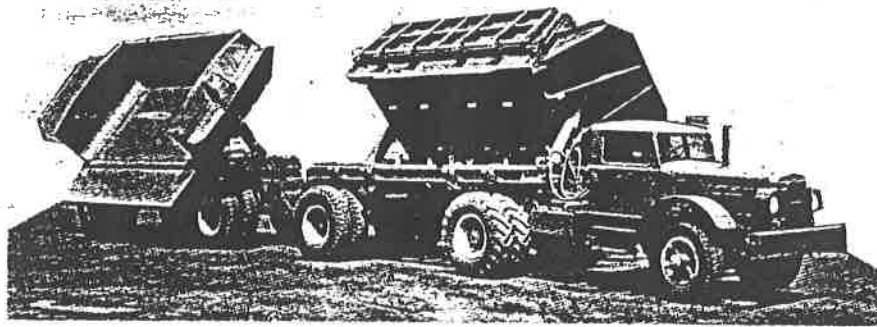
- (1) jumlah truck yang diperlukan sedikit, sehingga total investasi, pemeliharaan, perbaikan serta suku cadang lebih sedikit
- (2) jumlah operator lebih sedikit
- (3) mencegah kemacetan di daerah pemuatan atau penimbunan
- (4) lebih mudah memuat karena tempatnya besar
- (5) total lost time lebih kecil
- (6) bahan bakar lebih irit

Kerugian truck besar:

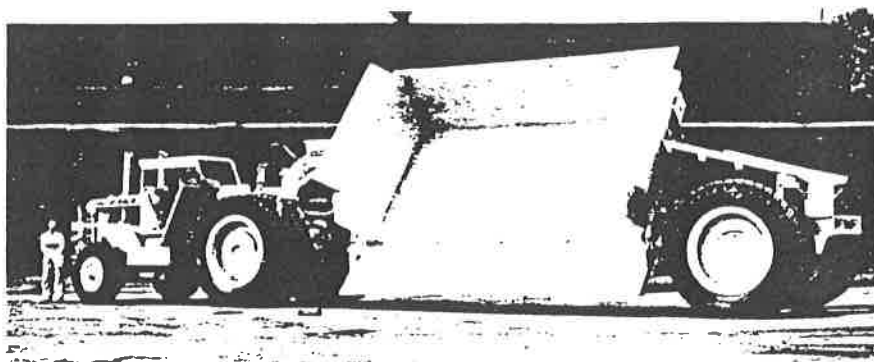
- (1) waktu pemuatan lebih lama
- (2) beban yang lebih besar mempercepat rusaknya jalan sehingga perlu biaya perawatan haul road lebih besar
- (3) sulit mencocokkan besar output excavator dengan jumlah truck
- (4) suku cadang mungkin lebih sulit didapat
- (5) ada kemungkinan tergolong off-highway



Gambar 7.1 Rear Dump Truck



Gambar 7.2 Side Dump Truck (Truck Chassis)



Gambar 7.3 Side Dump Tractor Trailer

VIII. FRONT-END LOADER ✓

Dapat berfungsi sebagai alat untuk pekerjaan, antara lain (Gambar 8.1):

- (1) mengangkat dan mengangkut tanah dan batuan
- (2) memuat material ke truk
- (3) menggali seperti bulldozer.

Type front-end loader

- (1) crawler-tractor mounted loader
- (2) wheel-tractor mounted loader

Ukuran loader diklasifikasikan berdasarkan:

- (1) kapasitas bucket
- (2) berat beban yang dapat diangkut

Output loader tergantung dari:

- (1) fixed time, yaitu waktu yang diperlukan untuk: (a) mengisi bucket; (b) ganti atau ubah gigi; (c) putar; dan (d) menumpahkan muatan bucket.
- (2) haul time, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut beban atau muatan dari sumber ke tempat pembuangan atau ke tempat pengangkutan atau ke tempat penimbunan.
- (3) return time, yaitu waktu yang diperlukan dari lokasi tadi (pembuangan atau penimbunan) kembali ke lokasi awal.
- (4) volume material tiap kali angkut.

Contoh:

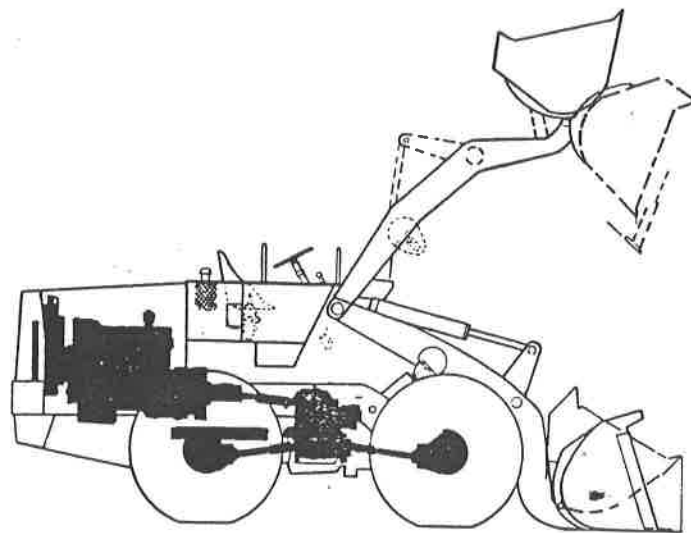
Sebuah crawler tractor loader dengan kapasitas bucket maksimum 2,5 cuyd. Kecepatan loader maju = 255 ft/min; kecepatan loader mundur = 317 ft/min. Diasumsikan kecepatan alat = 80%. Fixed time = 0,4 menit. Jarak tempuh 30 ft.

Hitung output alat tiap jam!

Jawaban:

$$\begin{aligned}\text{Waktu 1 siklus} &= \text{fixed time} + \text{haul time} + \text{return time} \\ &= 0,4 + 30/\{(255)(0,8)\} + 30/\{(317)(0,8)\} \\ &= 0,67 \text{ menit}\end{aligned}$$

Jika tiap kali angkut = 90% volume maksimum, dengan faktor efisiensi = 0,75 dan pengembangan volume 25%; sehingga output alat tiap jam = $0,9 (2,5)(60)(0,75)/(0,67) = 151,1$ cuyd loose measure; atau $(151,1)/(1,25) = 121$ cuyd bank measure.



Gambar 3.1. Front End Loader

- (d) karena tekanan roda dan outrigger cukup besar, maka daerah operasi alat harus baik dan cukup rata
- (e) memerlukan daerah operasi yang cukup luas
- (f) walaupun dapat berjalan di jalan umum, namun untuk beberapa jenis truk, counter-weight dan atau outriggernya harus dilepas dahulu
- (g) mempunyai 2 kabin dan 2 mesin (sehingga mungkin diperlukan 2 orang operator).

3 Karakteristik Self-propelled type

Mempunyai karakteristik yang sama dengan truck-type kecuali:

- (a) kecepatan bergerak maksimum 20 mph
- (b) mempunyai 1 kabin dan 1 mesin (1 operator)
- (c) jarak antar as (jarak antara as depan dan as belakang) lebih pendek daripada pada truck type.

IX.3. POWER SHOVEL

Power shovel sangat baik untuk melakukan penggalian pada material yang "keras" di tebing yang cukup tinggi.

Output power shovel dipengaruhi oleh:

- (a) jenis material
- (b) depth of cut
- (c) sudut putar
- (d) kondisi pekerjaan
- (e) ukuran alat, dinyatakan dalam ukuran atau volume dipper
- (f) operator
- (g) kondisi shovel
- (h) kondisi management

IX. PERALATAN PENGGALIAN

Jenis alat penggalian antara lain:

- (1) power shovel (Gambar 4.4.)
- (2) back-hoe (Gambar 4.6.)
- (3) dragline (Gambar 9.1.)
- (4) clamshell (Gambar 9.1.)
- (5) front-end loader (Gambar 8.1.)
- (6) treching machine (Gambar 4.7.)

IX.1. KLASIFIKASI ALAT PENGGALIAN

Klasifikasi alat penggalian dapat berdasarkan jenis mounting-nya (kendaraannya) dan berdasarkan penggerak alat galinya.

- (1) berdasarkan mounting (Gambar 9.2.):
 - (a) crawler type
 - (b) truck type dengan roda karet
 - (c) self-propelled type dengan roda karet
- (2) berdasarkan penggerak alat gali:
 - (a) dengan kabel
 - (b) dengan hidrolik.

IX.2 KARAKTERISTIK ALAT GALI BERDASARKAN JENIS MOUNTING

1 Karakteristik Crawler type mounted

- (a) dapat bergerak atau beroperasi di tanah lembek dan basah
- (b) dapat beroperasi di daerah berbatu (tajam)
- (c) gradability 40%
- (d) radius putar-nya kecil
- (e) dapat beroperasi di daerah yang sempit
- (f) kecepatan bergerak atau maju-mundur-nya kecil, kira-kira 1 mph
- (g) perlu trailer untuk mobilisasi atau demobilisasi alat.

2 Karakteristik Truck type mounted

- (a) kecepatan gerak-nya relatif tinggi, maksimum 50 mph
- (b) stabilitas ke arah kesamping alat lebih rendah (dibandingkan ke muka atau ke belakang)
- (c) dapat dilengkapi dengan outrigger

Tabel 9.1. Output Power Shovel (kabel) tiap 60 Menit

Jenis Material	Ukuran Shovel (cuyd); [m ³]				
	(0,5) [0,38]	(1,0) [0,76]	(1,5) [1,14]	(2,0) [1,53]	(2,5) [1,91]
Sandy Clay	1,4 88	1,8 157	2,1 218	2,4 272	2,6 ¹⁾ 309 ²⁾
Sand & Gravel	1,4 84	1,8 153	2,1 206	2,4 252	2,6 298
Good Common Earth	1,7 73	2,4 134	2,8 183	3,1 229	3,4 268

1) depth of cut [m]

2) output [m³] bank measure

3) kondisi ideal dengan sudut putar 90°

Tabel 9.2. Konversi dari Output Ideal

Optimum Depth [%]	Angle of Swing [°]						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0,93	0,89	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
60	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,66
80	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71
120	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
160	1,03	0,96	0,90	0,85	0,75	0,67	0,62

Contoh:

Power shovel 2 cuyd menggali "good common earth" depth of cut 2,5 m, average angle of swing 75°. Kondisi pekerjaan: fair. Kondisi management: fair. Koefisien efisiensi = 0,75. Persen swell 25%. Tentukan output shovel (loose measure).

Tabel 9.3. Faktor Pekerjaan & Management*)

Pekerjaan	Management			
	Excellent	Good	Fair	Poor
Excellent	0,84	0,81	0,76	0,70
Good	0,78	0,75	0,71	0,65
Fair	0,72	0,69	0,65	0,60
Poor	0,63	0,61	0,57	0,52

*) berdasarkan pekerjaan 50 min/jam

$$\text{Output ideal} = 229 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Output aktual} &= (229)(1,04)(0,65)(60/50)(0,75) \\ &= 139,3 \text{ bm} \\ &= 174,1 \text{ loose measure} \end{aligned}$$

IX.4. BACKHOE (HOE)

Nama lain alat ini adalah back shovel, pull shovel (Gambar 4.6.). Alat ini sangat cocok untuk menggali medan yang lebih rendah dari ketinggian alat ini berdiri, seperti menggali parit, lubang untuk basement dan pekerjaan lain yang memerlukan ketelitian (mendatar).

Output alat dari backhoe, jika dipakai untuk menggali dengan kedalaman sedang, mempunyai output yang sama dengan power shovel. Namun jika kedalaman makin bertambah, outputnya sangat menurun. Hoe akan efektif jika ia beroperasi dengan dipper stick tegak lurus dengan boom.

IX.5. DRAGLINE

Kelebihan dragline (Gambar 9.1.) dibandingkan dengan power shovel adalah:

- (1) dapat menggali tanah yang lebih rendah dari tempat berdiri alat (0,5 panjang boom).
- (2) daerah galian dapat agak jauh dari alat, tergantung dari panjang boom ($\leq 75\%$ momen guling).
- (3) dapat menggali di bawah air, tanpa alatnya sendiri masuk air (kecuali bucketnya), oleh karena itu sangat cocok untuk pekerjaan penggalian saluran.

Kekurangan alat ini dibandingkan dengan power shovel:

- (1) output dragline kira-kira 75-80% output power shovel untuk kapasitas atau ukuran yang sama.
- (2) ketepatan penumpahan bahan galian tidak sebaik power shovel, sehingga bila akan ditumpahkan ke truck (dll), ukuran truck harus lebih besar (5-6 kali) dari ukuran bucketnya.

Output dragline tergantung dari:

- (1) sama dengan power shovel
- (2) panjang boom
- (3) cara penuangan bahan galian (ditumpuk atau dimasukkan ke dalam truck).

IX.6. CLAMSHELL

Alat ini cocok untuk (Gambar 9.1.):

- (1) menggali material lepas (loose), seperti pasir, batu/batu pecah, batubara dll.
- (2) menggali lubang vertikal
- (3) memuat hopper.

Batas kemampuan pengangkutan material tergantung panjang boom.

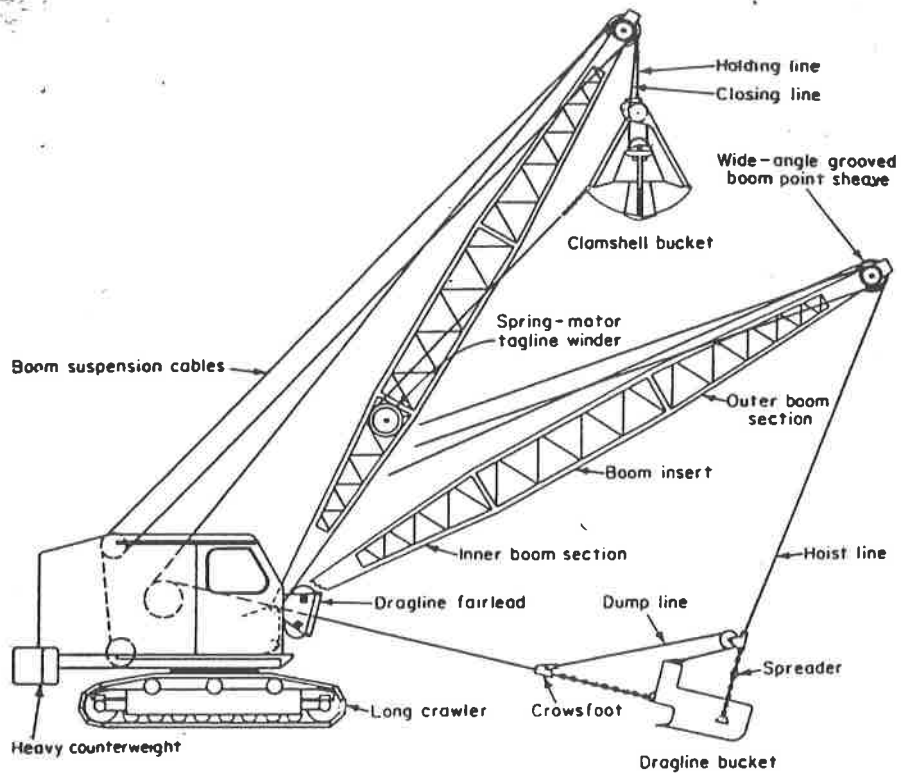
Contoh:

Clamshell dengan bucket ukuran 1,5 cuyd (40,5 cuft) dapat mengangkat pasir dari stock pile sebanyak 48 cuft. Pasir dituangkan ke hopper setinggi 25 ft dengan memutar dari stock pile ke hopper 90°. Kecepatan mengangkat 153 ft/min. Kecepatan memutar 4 rpm. Tiap siklus membutuhkan waktu:

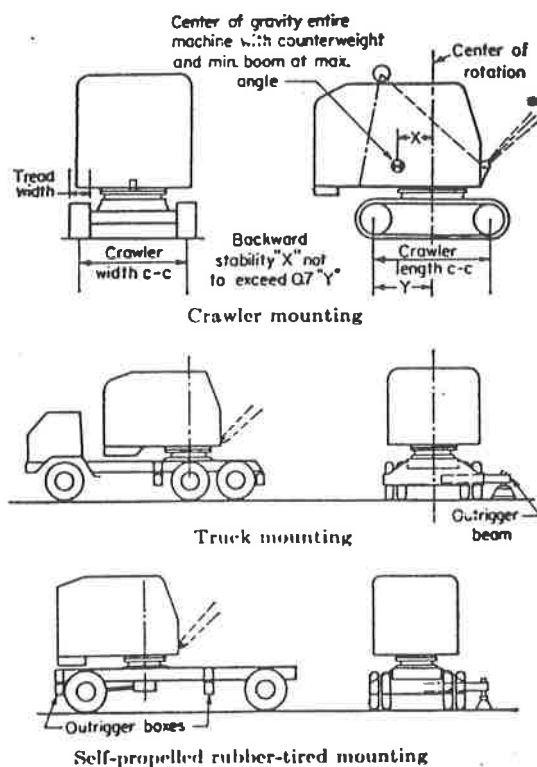
* memuat	= 6 detik
* mengangkat dan putar 90°	= 10 detik
* melepas muatan	= 6 detik
* putar kembali	= 4 detik
* lost time	= 4 detik

	= 30 detik

Jika faktor efisiensi 0,75, maka jumlah siklus/jam =
 $(3600)(0,75)/(30) = 90 \times$
 Jadi volume (loose) pasir/jam = $(90)(48) = 4320$ cuft.



Gambar 9.1 Clamshell dan Dragline



Gambar 9.2 Mounting Alat Penggalan

Perpustakaan
Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang 19
BANDUNG

X. PEMBORAN DAN PELEDAKAN

X.1. PEMBORAN

Sebelum batuan digali, maka batuan perlu diuraikan dulu menjadi lebih kecil. Penguraian batuan dapat dilakukan dengan peledakan. Bahan peledak dapat dipasang didalam batuan dengan cara pemboran. Macam alat dan mata bor (bit) tergantung dari: (a) jenis material yang dibor; (b) kedalaman pemboran; dan lubang bor.

Pola pemboran tergantung dari:

- (a) jenis alat bor
- (b) diameter lubang bor
- (c) kadalaman lubang bor
- (d) jenis batuan
- (e) ukuran batuan yang diinginkan dari hasil peledakan

Hasil penguraian akan lebih merata jika lubang-lubang bor dengan diameter kecil terdistribusi secara merata dan dekat. Lubang bor yang besar memungkinkan bahan peledak diisi lebih banyak sehingga jarak antar lubang bor bisa menjadi lebih jauh.

Pada pembukaan quarry dengan medan yang datar, yaitu dimana tidak terdapat bidang vertikal pada daerah berbatu tersebut, maka perlu dilakukan peledakan awal yang membuat bidang vertikal.

Peledakan pertama dilakukan pada baris pertama dengan maksud menguraikan batuan pada daerah baji (daerah yang diarsir). Kemudian dilakukan peledakan pada baris kedua yang vertikal.

X.2. PELEDAKAN

Jenis bahan peledak yang dapat dipakai adalah: (a) dinamit (nitrogliserin); dan (b) amonium nitrat.

A. Dinamit

Unsur utama adalah nitro gliserin. Tingkat dan ukuran peledak dinyatakan dalam persentasi berat nitro gliserin terhadap berat total (catridge).

Metode peledakan dapat berupa: (a) blasting cap; (b) prima cord; dan (c) electric blasting cap.

B. Amonium Nitrat

Unsur utama adalah amonium nitrat yang dicampur dengan minyak (diesel). Peledakan dengan amonium nitrat lebih aman daripada dengan dinamit. Biaya peledakan dengan amonium nitrat kira-kira 1/5 biaya peledakan dengan dinamit. Jenis bahan peledak ini tidak tahan air dan berbentuk cairan (yang dapat free flow).

Metode peledakan, dinamit diletakan dibagian bawah lubang sebagai picu. Dinamitnya sendiri diledakan dengan electric blasting cap atau prima cord.

Rangkaian peledakan dapat: (a) paralel; (b) seri; dan (c) kombinasi.

XI. PEMADATAN TIMBUNAN TANAH

Pekerjaan penimbunan tanah meliputi: (a) penyebaran; (b) pembasahan; (c) pembentukan; dan (d) pemadatan.

XI.1. PENYEBARAN

Tanah yang telah diangkut dari daerah penggalian ke daerah penimbunan dapat disebarakan di lokasi penimbunan. Jika tanah timbunan tersebut perlu distabilisasi misalnya dicampur dengan kapur, fly ash, semen atau garam, maka tanah tersebut perlu diaduk dengan disk harrow. Tanah tersebut kemudian dipadatkan dengan motor grader. Motor grader kadang-kadang dilengkapi dengan scarifier didepan bladenya, gunanya untuk menghancurkan atau melepaskan bongkahan tanah yang agak besar. Tebal timbunan dapat diatur dengan mengatur tinggi blade motor grader. Tanah timbunan tersebut dapat didorong kemuka atau kesamping dengan merubah arah blade.

XI.2. PEMBASAHAN

Karena untuk pemadatan selalu ada syarat kadar air pada saat dipadatkan, maka ada pekerjaan pembasahan tanah jika ternyata kadar air yang ada kurang dari kadar air optimum. Air disemprotkan oleh truk yang membawa tangki air.

XI.3. PEMBENTUKAN

Jika tanah telah rata dan mempunyai kadar air yang cukup, maka profil tanah dibentuk dahulu sesuai dengan yang diinginkan dengan motor grader.

XI.4. PEMADATAN

Setelah dibentuk, maka tanah siap untuk dipadatkan. Alat pemadat bermacam-macam jenisnya. Sehingga alat pemadat dapat dibedakan berdasarkan sistem pemadatnya, yaitu: (a) kneading (meremas); (b) static; (c) vibration; (d) impact; dan (e) explosive.

Beberapa nama alat pemadat adalah:

- A. Alat pemadat berupa kendaraan besar (operator mengendarai alat pemadat)
 - (a) tamping rollers, berupa sheep's foot roller (roda baja yang permukaannya mempunyai tonjolan-tonjolan) atau grid roller (roda yang tidak halus misalnya dibuat anyaman besi beton)
 - (b) smooth-wheel rollers berupa roda baja yang permukaannya halus
 - (c) pneumatic-tire rollers berupa roda karet dengan tekanan udara yang besar (80-150 psi)
 - (d) vibrating rollers yaitu berupa alat pemadat tamping rollers, atau smooth-wheel rollers, atau pneumatic-tire rollers yang dilengkapi dengan mesin penggetar, sehingga alat ini sambil bergerak maju, rodanya bergetar.
- B. Alat pemadat kecil (operator berjalan)
 - (a) vibrating plates
 - (b) vibratory tamping compactor
 - (c) rammer compactor
- C. Pemadatan dalam
 - (a) dengan peledakan
 - (b) terra probe vibrator, baik untuk material pasir dan penggetaran dilakukan dengan pipa yang ujungnya berlubang dan bergetar.

Jumlah lintasan agar kepadatan ayng diinginkan atau dispesifikasikan tergantung dari:

- (a) jenis material (cohesive soils, cohesionless soils, gravel, crushed stone)
- (b) tebal tiap lapis
- (c) kadar air
- (d) berat total alat pemadat, dan dapat dinyatakan dengan lebih spesifik seperti: berat tiap roda; berat tiap inch lebar roda; tekanan ujung sheep's foot; tekanan udara dalam ban; frekuensi vibrasi
- (e) kecepatan lintasan.

Alat pemadat yang besar dapat dibedakan berdasarkan alat penggeraknya, yaitu:

- (1) self-propelled, seperti: (a) roda muka sebagai roda pemadat sedangkan roda belakang sebagai roda tractor; atau sebaliknya; atau (b) kedua roda berupa roda pemadat.
- (2) towed, yaitu alat pemadat yang tidak dapat bergerak sendiri, akan tetapi harus ditarik oleh tractor.

XII. ANALISIS BIAYA PERALATAN

Biaya pekerjaan dapat digolongkan menjadi:

- (a) Biaya langsung berupa: (1) biaya kepemilikan alat; (2) biaya operasi dan pemeliharaan alat; dan (3) biaya perbaikan.
- (b) Biaya tidak langsung, berupa biaya yang tidak langsung berhubungan dengan pekerjaan di lapangan, seperti biaya di kantor lapangan maupun pusat. Secara umum biaya tak langsung berkisar antara 5-15% biaya langsung.

Biaya Kepemilikan

Biaya kepemilikan dapat dibagi menjadi:

- (a) biaya harga pokok, yaitu harga pembelian, biaya pengurusan, biaya angkutan dan biaya pemasangan.
- (b) biaya penyusutan, yaitu biaya yang tidak secara langsung dikeluarkan oleh pemilik alat, akan tetapi dibebankan pada biaya produksi karena alat yang dipergunakan akan berkurang nilainya (karena makin tua umurnya). Pembebanan biaya penyusutan dapat dihitung dengan beberapa cara seperti: (1) straight line; (2) sum of the years; atau (3) declining balance.

Contoh:

Sebuah alat dibeli dengan harga Rp 24.000.000 mempunyai umur ekonomis 5 tahun dan nilai sisa Rp 4.000.000. Berapa biaya penyusutannya?

A. Dengan Metode Straight Line

Metode penyusutan ini menghapus nilai setiap akhir periode dengan besar yang sama, dan dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D &= (P - F)/N \\ &= (24.000.000 - 4.000.000)/5 \\ &= 4.000.000 \text{ tiap tahun} \end{aligned}$$

dengan:

- D = biaya penyusutan tiap tahun
- P = harga awal alat
- F = nilai sisa alat
- N = jumlah tahun

Tabel Nilai Buku Akibat Penyusutan

Tahun ke	Nilai Buku	Besar Penyusutan Tiap Tahun
0	24.000.000	0
1	20.000.000	4.000.000
2	16.000.000	4.000.000
3	12.000.000	4.000.000
4	8.000.000	4.000.000
5	4.000.000	4.000.000

B. Dengan Metode Sum of the Years

Besar penghapusan yang diambil tidak konstan pada tiap akhir periode, akan tetapi penyusutan diambil lebih besar pada periode awal daripada periode berikutnya.

Biaya penyusutan tahun ke-1, D_1 ; biaya penyusutan tahun ke-N, D_N . Besarnya D_i adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_1 &= N (P - F) / [1 + 2 + 3 + \dots + N] \\
 &= 5 (24.000.000 - 4.000.000) / [1 + 2 + 3 + 4 + 5] \\
 &= 6.666.667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_2 &= (N - 1) (P - F) / [1 + 2 + 3 + \dots + N] \\
 &= 4 (24.000.000 - 4.000.000) / [1 + 2 + 3 + 4 + 5] \\
 &= 5.333.333
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_N &= 1 (P - F) / [1 + 2 + 3 + \dots + N] \\
 &= 1.333.333 \text{ untuk } N = 5
 \end{aligned}$$

Tabel 12.1. Nilai Buku Akibat Penyusutan

Tahun ke	Nilai Buku	Besar Penyusutan Tiap Tahun
0	24.000.000	0
1	17.333.333	6.666.667
2	12.000.000	5.333.333
3	8.000.000	4.000.000
4	5.333.333	2.666.667
5	4.000.000	1.333.333

C. Dengan Metode Declining Balance

Pada metode ini besarnya declining balance harus ditentukan, jika diambil 2, maka disebut double declining balance. Dengan cara ini biaya penyusutan pada wal periode lebih besar lagi daripada periode berikutnya, dengan ketentuan besarnya nilai buku minimal 0.

Besarnya penyusutan pada tahun ke-i dihitung sebagai berikut:

$$D_i = [2 P/N] (1 - 2/N)^i - 1$$

Tabel 12.2. Nilai Buku Akibat Penyusutan

Tahun ke	Nilai Buku	Besar Penyusutan Tiap Tahun
0	24.000.000	0
1	17.333.333	6.666.667
2	12.000.000	5.333.333
3	8.000.000	4.000.000
4	5.333.333	2.666.667
5	4.000.000	1.333.333

Biaya modal dengan cara average value.

$$\frac{P}{N} = \frac{P(N+1) + F(N-1)}{2N}$$

$$= \frac{24.000.000(5+1) + 4.000.000(5-1)}{2(5)}$$

= 16.000.000 tiap tahun yang perlu diperhitungkan bunganya. Sehingga biaya modal adalah (i)P

Contoh:

Harga pokok bottom dump tractor trailer 6 roda adalah Rp 200.000.000. Jika nilai akhir umur ekonomis (5 tahun) = 0, maka biaya modal = 0,6 dari 200 juta = Rp 120.000.000

Biaya tetap tiap tahun:

(a) biaya penyusutan dengan straight line	= 40 juta
(b) biaya perbaikan dan pemeliharaan, misalkan 50% biaya penyusutan	= 20 juta
(c) biaya modal jika suku bunga 20% dari 120 juta	= 24 juta

total	= 84 juta

Biaya tiap jam jika 1 tahun 1400 jam operasi:

(a) Biaya tetap = 84 juta dibagi 1400 jam	= 60.000
(b) Biaya ban 24 juta tiap 5000 jam	= 4.800
(c) Bahan bakar dan minyak pelumas	= 6.000

total	= 70.800

Perhitungan analisis biaya alat dapat juga menggunakan prinsip perhitungan NPV (net present value). Yaitu suatu prinsip nilai (uang) dinyatakan dalam fungsi waktu. Sehingga jika nominal uang sekarang (present) akan dinyatakan mempunyai nilai yang sama dimasa yang akan datang setelah n tahun dengan suku bunga i% tiap tahun nominalnya adalah F. Hubungan P, F, i dan N dinyatakan sebagai berikut:

$$F_n = P (1 + 0,01 i)^n$$

Jika diakhir setiap periode (tiap bulan atau tahun) dilakukan pembayaran yang besarnya konstan (=A), maka nilainya sekarang (P) apabila semua kewajiban pembayarannya itu sudah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

$$P = A \{ (1 + 0,01 i)^n - 1 \} / \{ 0,01 i (1 + 0,01 i)^n \}$$

Contoh:

Harga alat \$ 45.000. Bensin, oli dan perbaikan kecil \$ 12,34 tiap jam operasi. Ban \$ 3.200 tiap 2800 jam. Perbaikan besar dilakukan tiap 4200 jam dengan biaya \$ 6.000. Umur (ekonomis) alat 8400 jam dan nilai sisa diakhir umur ekonomisnya adalah 10% nilai beli. Tiap tahun alat bekerja 1400 jam. Suku bunga yang diperhitungkan adalah 15%.

Hitung biaya alat tiap jam?

Perhitungan:

(1) Harga alat sebesar \$ 45.000 itu akan didistribusikan atau dibebankan selama umur ekonomis alat, yaitu $8400/1400 = 6$ tahun. Sehingga besar beban tiap tahun akan sama besar dan diasumsikan perhitungan pembebanan dilakukan diakhir setiap tahun, maka akan dihitung A_1 yaitu:

$$A_1 = 45.000 (A/P, 15, 6) = 45.000 (0,264) = 11.880$$

(2) Biaya operasi alat \$ 12,34 tiap jam, sehingga total selama 1 tahun adalah A_2 yaitu:

$$A_2 = 1400 (12,34) = 17.276$$

(3) Biaya ban sebesar \$ 3.200 yang umurnya untuk 2800 jam dibebankan untuk tiap tahun menjadi A_3 . Penggantian ban ini diperhitungkan sampai dengan tahun ke-6, sehingga dilakukan penggantian pada akhir tahun ke-2 dan ke-4.

$$A_3 = 3200 [(P/F, 15, 2) + (P/F, 15, 4)](A/P, 15, 6) \\ = 3.200 (0,756 + 0,572)(0,264) = 1.122$$

(4) Perbaikan besar dilakukan tiap 4200 jam (= 3 tahun), sehingga perbaikan besar hanya dilakukan pada akhir tahun ke-3, sehingga beban tiap tahun yaitu A_4 adalah:

$$A_4 = 6.000 (P/F, 15, 3)(A/P, 15, 6) \\ = 6.000 (0,658)(0,264) = 1.042$$

(5) Diakhir umur ekonomisnya alat tersebut masih bernilai 10% yaitu \$ 4.500. Sehingga nilai sisa ini akan mengurangi besarnya beban tiap tahun sebesar A_5 yaitu:

$$A_5 = 4.500 (A/F, 15, 6) \\ = 4.500 (0,114) = 513$$

(6) Sehingga total biaya tiap tahun B adalah:

$$B = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 - A_5 = \$ 30.807$$

$$\text{Atau biaya operasi tiap jam} = (30.807/1400) = \$ 22,00$$

IRR

Internal rate of return (IRR) adalah salah satu metode untuk menentukan pemilihan alat berdasarkan nilai ekonomisnya. Besarnya IRR didapat dengan cara menentukan besarnya suku bunga (i) sehingga biaya yang dikeluarkan sama dengan pemasukannya (hasilnya).

Jika ada dua alat atau lebih dan masing-masing telah dihitung IRR-nya maka alat yang menghasilkan IRR yang paling besar adalah alat yang paling menguntungkan.

Contoh:

Alternatif 1:

Beli alat baru seharga \$ 73.570 dengan umur ekonomis 6 tahun. Penghasilan dari alat ini tiap tahun \$ 26.000. Nilai sisa alat \$ 8.000.

Alternatif 2:

Beli alat bekas seharga \$ 24.680 dengan umur ekonomis 3 tahun. Tidak mempunyai nilai sisa lagi diakhir umur ekonomisnya. Penghasilan tiap tahun \$ 12.000.

Pilihlah alternatif alat yang paling menguntungkan.

Perhitungan:

$$(1) - 73.570 + 26.000 (P/A, i, 6) = 0$$

Akan didapat $i = 28,0 \%$. Artinya penghasilan tiap tahun sebesar \$ 26.000 selama 6 tahun akan sama dengan nilai sekarang \$ 73.570 jika suku bunganya 26%.

$$(2) - 24.680 + 12.000 (P/A, i, 3) = 0$$

Akan didapat $i = 21,5 \%$. Artinya penghasilan tiap tahun sebesar \$ 12.000 selama 3 tahun itu akan sama dengan nilai sekarang jika suku bunganya 21,5 %.

(3) Untuk menentukan alternatif alat di atas, maka misalkan jika uang pembelian alat adalah hasil pinjaman bank dengan suku bunga 21,5%, maka jika dipilih alternatif (1) sipeminjam selain sanggup melunasi pinjaman dan bunganya ia masih mempunyai sisa keuntungan. Jika dipilih alternatif (2) maka ia tidak akan mempunyai sisa. Penghasilannya habis untuk membayar pinjaman dan bunganya.

XIII. GALIAN DAN TIMBUNAN

Pada pekerjaan tanah tidak akan terlepas dari pekerjaan menggali dan menimbun, seperti untuk konstruksi jalan kereta-api, atau jalan raya. Perkiraan awal volume galian dan timbunan dapat dihitung dari peta topografi yang kemudian dikontrol dari hasil pengukuran di lapangan.

Volume galian dan timbunan dapat dihitung dengan beberapa cara, yaitu:

1) Unit area segi empat.

$$V = (1/4) A (h_1 + 2 h_2 + 3 h_3 + 4 h_4)$$

dengan:

V = volume

A = luas tiap unit segi empat, yang besarnya dibuat konstan

h_1 = tinggi galian atau timbunan di ujung-ujung segi empat. h_1 adalah tinggi yang dipakai 1 kali, h_2 adalah tinggi yang dipakai 2 kali dst.

2) Unit area segi tiga.

$$V = (1/6) A (h_1 + 2 h_2 + 3 h_3 + \dots + 8 h_8)$$

3) End area.

$$V = (1/2) (A_1 + A_2) l$$

dengan:

V = volume

A_i = luas penampang bidang ke-i yang masing-masing paralel. Kedua bidang tersebut dipisahkan dengan jarak l

4) Prismoidal.

$$V = (1/6) (A_1 + 4 A_m + A_2)$$

dengan:

V = volume

A_1, A_2 = luas penampang bidang-bidang yang paralel dan terpisah l

A_m = luas penampang dari bidang yang berada sejarak 0,5 l dari bidang A_1 atau A_2

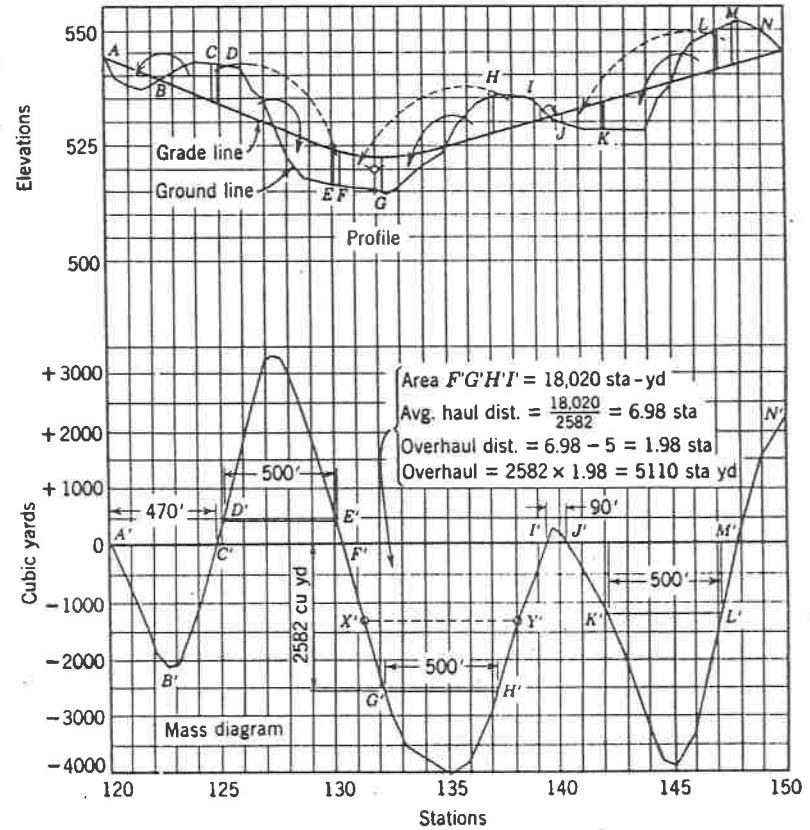
Biaya pada pekerjaan gali atau timbun yang dinilai dari unit cost, biasanya termasuk biaya angkut sejarak tertentu, atau jarak tersebut disebut free-haul. Jika jarak angkut harus lebih besar dari jarak free-haul tersebut maka akan ada tambahan biaya, yaitu over-haul cost.

Untuk meminimumkan biaya maka pekerjaan gali atau timbun harus menentukan daerah-daerah mana saja yang dapat dibayar dengan free-haul dan yang mana yang tidak bisa. Untuk daerah yang harus lebih besar dari jarak free-haul, maka biaya over-haul yang masih ekonomis adalah sebesar biaya free-haul.

Sehingga total biaya daerah-daerah yang harus dengan over-haul tidak lebih besar dari 2 kali biaya free-haul.

Tabel 13.1 Perhitungan Galian-Timbunan

Station	Excavation (yd ³)	Embankment (yd ³)	Swell or Shrinkage Factor = 0.82		Mass Curve Ordinate (yd ³)
			Embankment plus Shrinkage (yd ³)	Excavation Excess material in Section (yd ³)	
120	0	321	191	—	391
+ 50	0	401	489	—	489
121	0	483	589	—	589
+ 60	0	318	388	—	388
122	0	271	330	—	330
+ 65	205	73	89	116	—
123	421	0	0	421	—
+ 50	593	0	0	593	—
124	1,421	0	0	1,421	—
125	1,543	0	0	1,543	—
126	832	0	0	832	—
+ 60	514	0	0	514	—
127	81	12	15	66	—
+ 20	125	153	187	—	62
+ 60	0	241	294	—	294
128	0	336	410	—	410
+ 40	0	628	766	—	766
129	0	1,123	1,370	—	1,370
130	0	1,162	1,417	—	1,417
131	0	1,141	1,391	—	1,391
132	0	516	630	—	630
+ 50	0	427	521	—	521
133					
Totals	5,735	7,606	9,277	5,506	9,048



Gambar 13.1 Mass Haul Diagram dari Tabel 13.1