

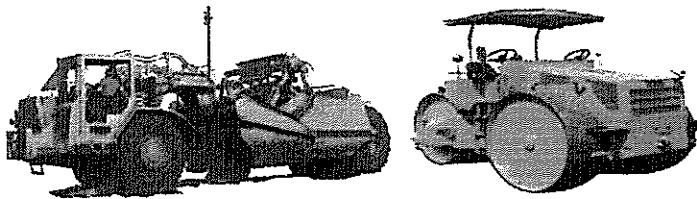
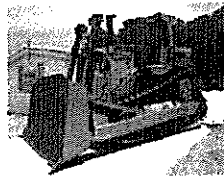
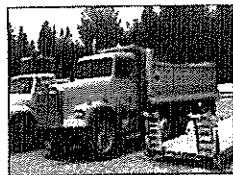
5

BUKU AJAR

PEMINDAHAN TANAH MEKANIS

OLEH :

❧ DWIYANTO JS
❧ EKO YULI PRIYONO
❧ SUMBOGO PRANOTO



**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG**

UPT-PUSTAKA-UMIP	
No. Daft.	0150/BA/PT/C.
Tgl.	22-7-2009

KATA PENGANTAR

Untuk membantu proses belajar mengajar perlu disusun buku pegangan kuliah. Buku ini disusun dengan bahan kompilasi dan buku-buku seperti yang tercantum dalam daftar bacaan. Untuk memperdalam dan melengkapi sebaiknya membaca buku-buku dalam daftar bacaan tersebut.

Alat-alat konstruksi semakin banyak digunakan dalam pelaksanaan pembangunan sebagai sarjana Teknik Sipil perlu mempersiapkan diri dengan pengetahuan dan penggunaan alat-alat konstruksi.

Mudah-mudahan buku ini berguna bagi para pembaca.

Semarang,

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
 BAB I KEBUTUHAN ALAT KONSTRUKSI	
A. Pendahuluan	1
B. Dasar Bekerjanya Peralatan	4
 BAB II TRAKTOR	
A. Umum	8
B. Tipe Traktor	8
C. Alat-alat yang digerakkan oleh traktor	10
 BAB III ALAT-ALAT KONTRUKSI	
A. Bulldozer	1
B. Loader (Alat Pemuat)	19
C. Exavator	27
D. Alat Pengangkut	38
E. Motor Grader	43
F. Scraper	47
G. Alat Pemadat (Compactor)	53
 BAB IV ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN	
A. Biaya Pajak	63
B. Biaya Tidak Langsung	74
C. Keuntungan dan Pajak	74
 BAB V METODA PENGGALIAN TEROWONGAN	
A. Umum	91
B. Sistem Mesin Bor Tangan "Jack Leg"	91
C. Sistem Mesin Bor Mekanis dan Elektrik "Jumbo"	100
D. Sistem Mesin Bor "Road Header"	107
 DAFTAR BACAAN	

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I KEBUTUHAN ALAT KONSTRUKSI	
A. Pendahuluan	1
B. Dasar Bekerjanya Peralatan	4
BAB II TRAKTOR	
A. Umum	8
B. Tipe Traktor	8
C. Alat-alat yang digerakkan oleh traktor	10
BAB III ALAT-ALAT KONTRUKSI	
A. Bulldozer	1
B. Loader (Alat Pemuat)	19
C. Exavator	27
D. Alat Pengangkut	38
E. Motor Grader	43
F. Scraper	47
G. Alat Pemadat (Compactor)	53
BAB IV ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN	
A. Biaya Pajak	63
B. Biaya Tidak Langsung	74
C. Keuntungan dan Pajak	74
BAB V METODA PENGGALIAN TEROWONGAN	
A. Umum	91
B. Sistem Mesin Bor Tangan "Jack Leg"	91
C. Sistem Mesin Bor Mekanis dan Elektrik "Jumbo"	100
D. Sistem Mesin Bor "Road Header"	107
DAFTAR BACAAN	

BAB I KEBUTUHAN ALAT KONTRUKSI

A. PENDAHULUAN

Pembangunan suatu kontruksi yang besar tidak akan bisa berjalan cepat dan sempurna tanpa mempergunakan alat. Yang dimaksud disini adalah semua peralatan yang dijalankan dengan tenaga mesin, untuk pelaksanaan pekerjaan lapangan yang meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- Pekerjaan tanah
- Pekerjaan batu
- Pekerjaan beton, termasuk PC maupun aspal
- Pekerjaan penunjang kegiatan-kegiatan pokok

Pekerjaan tanah merupakan kegiatan yang penting, terutama dalam pembangunan jalan raya, lapangan terbang dan irigasi.

1. Pekerjaan tanah bisa dipisahkan menjadi beberapa kegiatan yaitu :
 - a. Pekerjaan pemotongan tanah (Cutting)
Pekerjaan yang dimaksud mengurangi ketinggian tanah sampai mencapai ketinggian yang direncanakan.
 - a. Pekerjaan pemuatan (Loading)
Memuat hasil pemotongan kedalam alat pengkut
 - b. Pekerjaan pengangkutan (Hauling)
Memindahkan tanah ketempat lain.
 - c. Penebaran tanah (Spreading).
Penebaran tanah untuk mendapatkan permukaan yang rata.
 - d. Pembersihan permukaan (Stripping)
Pemotongan bagian atas permukaan tanah agar bersih dari rumput maupun tanah yang kurang baik
 - e. Pemadatan tanah (Compacting)
Memadatkan tanah agar di dapatkan kepadatan tanah yang disyaratkan
 - f. Pembasahan (Watering)
Membasahi tanah agar pada pelaksanaan pemadatan diperoleh kepadatan yang maksimal dalam waktu yang singkat.
 - g. Galian tanah (Excavating)
Membuat lubang atau saluran yang lebih rendah dari permukaan tanah dimana alat tersebut berdiri.
Karena sifat pekerjaannya yang berbeda-beda maka tiap pekerjaan memerlukan alat yang berbeda pula.

Tabel 1.2. Perbandingan volume dalam berbagai keadaan

Nama Umum	L = <u>Lepas</u> Asli	C = <u>Padat</u> Asli
Kerikil (gravel)	1,05 - 1,25	0,80 - 1,00
Pasir (sand)	1,10 - 1,30	0,80 - 1,00
Lempung	1,15 - 1,35	0,80 - 1,00
Batu pecah	1,65 - 1,75	1,25 - 1,35
Tanah	1,20 - 1,30	0,85 - 0,95

Tabel 1.3. Faktor perubahan volume tanah untuk berbagai macam tanah

Tanah Asli	Kondisi Tanah	Perubahan Volume Tanah		
Pasir	a. Keadaan asli	1,00	1,11	0,45
	b. Keadaan lepas	0,90	1,00	0,80
	c. Keadaan padat	1,05	1,17	1,00
Lempung kepasiran	a. Keadaan asli	1,00	1,25	0,90
	b. Keadaan lepas	0,80	1,00	0,72
	c. Keadaan padat	1,11	1,39	1,00
Lempung	a. Keadaan asli	1,00	1,25	0,90
	b. Keadaan lepas	0,70	1,00	0,63
	c. Keadaan padat	1,11	1,59	1,00
Tanah berkerikil	a. Keadaan asli	1,00	1,18	0,08
	b. Keadaan lepas	0,85	1,00	0,91
	c. Keadaan padat	1,93	1,59	1,00
Kerikil	a. Keadaan asli	1,00	1,42	1,03
	b. Keadaan lepas	0,70	1,00	0,91
	c. Keadaan padat	0,77	1,10	1,00
Kerikil padat	a. Keadaan asli	1,00	1,42	1,29
	b. Keadaan lepas	0,70	1,00	0,91
	c. Keadaan padat	0,77	1,10	1,00
Batu kapur pecah batuan lunak	a. Keadaan asli	1,00	1,65	1,22
	b. Keadaan lepas	0,61	1,00	0,74
	c. Keadaan padat	0,82	1,35	1,00
Granit basalt dan batuan keras	a. Keadaan asli	1,00	1,70	1,31
	b. Keadaan lepas	0,59	1,00	0,77
	c. Keadaan padat	0,76	1,30	1,00
Batu pecah	a. Keadaan asli	1,00	1,75	1,40
	b. Keadaan lepas	0,57	1,00	0,80
	c. Keadaan padat	1,71	1,24	1,00

Angka-angka dalam tabel tersebut hanya untuk sekedar untuk gambaran saja, karena angka yang pasti masih banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain misalnya kadar air, gradiasi dan lain-lain, kadar air yang tepat akan memudahkan butir-butir tanah bisa saling bergerak saling mendekat akibat berat sendirinya, sehingga faktor perubahan volume juga terpengaruh. Gradiasi yang baik menyebabkan butir-butir yang kecil mengisi rongga-rongga yang besar dengan mudah. Sehingga akan mempengaruhi faktor perubahan volumenya.

DASAR BEKERJANYA PERALATAN

Pada dasarnya suatu alat bergerak bila mendapat gaya atau tenaga. Adanya beberapa faktor yang bisa mempengaruhi gerakan peralatan yaitu :

1. Tahanan Gelinding (rolling resistance = RR)

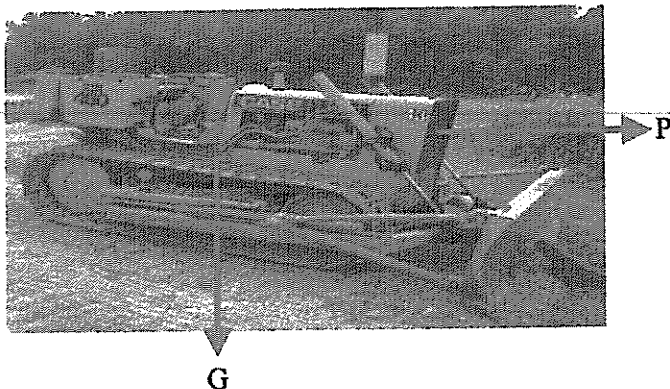
Tahanan gelinding di definisikan sebagai tenaga tarik (Kg) yang diperlukan untuk menggerakkan tiap ton berat kendaraan termasuk muatannya diatas permukaan yang datar. Permukaan tersebut bisa terdiri dari bermacam-macam keadaan. Untuk kendaraan beroda ban besarnya R.R ini juga dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :

- Ukuran ban.
- Tekanan angin.
- Bentuk kembang dari permukaan ban.

Sedangkan untuk kendaraan beroda rantai hanya tergantung pada sifat permukaan tanah. Sesuai dengan definisi diatas maka :

$$RR = P : G$$

Dimana RR = Ukuran ban
 P = Gaya tarik (tegangan tali)
 G = Berat kendaraan



Gambar 1.1 Rolling Resistance.

Sebagai gambaran dibawah ini diberikan tabel besarnya tahanan gelinding untuk berbagai macam roda pada bermacam-macam keadaan permukaan (lbs/ton).

Tabel 1.4 Hubungan jenis permukaan dan tahanan glinding

Jenis Permukaan	Roda Baja Rata	Roda Rantai	Roda Ban Karet Anti Slip	
			Tek. Tinggi	Tek. Rendah
Beton halus	40	55	55	45
Aspal, baik	50 - 70	60 - 70	40 - 65	50 - 60
Tanah, padat dan terpelihara	60 - 100	60 - 80	40 - 70	50 - 70
Tanah tidak terpelihara	100 - 150	80 - 100	100 - 140	70 - 100
Tanah, becek dan berlubang	250 - 300	140 - 180	180 - 220	150 - 200
Pasir lepas kerikil	280 - 320	160 - 200	260 - 290	220 - 260
Tanah sangat becek.	300 - 400	200 - 240	300 - 400	280 - 340

2. Landai permukaan

Bila kendaraan bergerak naik pada permukaan yang miring maka diperlukan tenaga tambahan agar gerakanya tetap. Tambahan tenaga tersebut kurang lebih sebanding dengan kemiringan (landai permukaan). Sebaliknya bila bergerak turun, maka tenaga yang diperlukan berkurang sebanding dengan landai permukaan.

Misalnya :

Kendaraan dengan berat 1000 kg berjalan naik pada permukaan yang mempunyai landai 5%. Maka tambahan tenaga yang diperlukan :

$$P = 5 \% \times 1000 \text{ kg} = 50 \text{ kg.}$$

3. Tenaga tarik (Drawbar Pull = DBP)

Tenaga yang tersedia pada suatu traktor yang diperhitungkan untuk menarik muatan disebut tenaga tarik (Drawbar Pull = DBP), yaitu tenaga tersedia pada kait dibelakang traktor. Jadi DBP suatu alat tertentu yang diberikan oleh pabrik mengurangi tenaganya. DBP suatu alat tertentu yang diberikan oleh pabrik pembuatannya untuk jenis alat : IH. TD 9. Crawler type tractor, dapat dilihat pada tabel 1.5.

Tabel 1.5. Hitungan antara kecepatan dan DPB untuk IH. TD 9 Crawler type tractor

	Gear	Kecepatan (mph)	DPB (lbs)
Maju : Forward	1 st	1,25	9,909
	2 nd	2,20	6,872
	3 rd	3,04	4,752
	4 th	3,88	3,626
	5 th	5,30	2,419

4. Tenaga roda (rimpull)

Tenaga roda ialah tenaga gerak yang disediakan mesin untuk menggerakkan roda-roda kendaraan dengan satuan kg atau lbs. Bila tidak tersedia data, secara umum bisa dipakai rumus berikut :

$$\text{Rimpull (lbs)} = \frac{375 \times \text{HP} \times \text{effisiensi}}{\text{Kecepatan (mph)}}$$

$$\text{Effisiensi} = 80\% - 85\%$$

5. Ketinggian tempat kerja

Ketinggian terutama mempengaruhi pada mesin-mesin yang mempergunakan bahan bakar. Pada waktu pembakaran diperlukan zat asam (oxygen) dari udara. Karena udara mempunyai lapisan-lapisan yang mempunyai kepadatan berbeda-beda (makin tinggi tempat makin berkurang kepadatannya) maka oxygen yang terdapat dilapisan-lapisan tersebut juga berbeda-beda. Hal ini menyebabkan daya bakar (kecepatan pembakaran) akan berkurang dan menimbulkan pada penurunan daya kerja mesin. Secara empiris (praktis) bisa dikemukakan bahwa tenaga mesin akan berkurang sebesar 3% setiap penambahan ketinggian 1000 feet diatas pertama.

Contoh :

Suatu mesin dengan tenaga 110 HP bekerja pada ketinggian 3000 feet. Berapa berkurangnya tenaga mesin tersebut.

$$AU = \frac{0,03 \times 110 \text{ HP} \times (3000 - 1000)}{1000} = - 23,1 \text{ HP}$$

jadi tenaga yang bisa dihasilkan maximum oleh mesin tersebut adalah :

$$110 \text{ HP} - 23,1 \text{ HP} = 86,9 \text{ HP}$$

6. Koefisien traksi

Tenaga mesin tidak ada gunanya bila tidak ada tenaga geser antara permukaan tanah (landasan) dengan roda. Bila geseran (koefisien geser) antara roda dengan landasan kecil (licin) maka tenaga mesin hanya memutar roda ditempat saja (selip). Tidak selamanya tenaga mesin bisa terpakai penuh untuk menarik kendaraan, tetapi pada kondisi tertentu tenaga mesin hanya bekerja sampai batas tertentu sudah terjadi selip. Hal ini bergantung dari koefisien traksi antara kendaraan dengan permukaan landasan.

Koefisien traksi ialah faktor perbandingan antara tenaga maksimum yang diperlukan sebelum terjadi selip dengan berat kendaraan.

Contoh :

Suatu kendaraan beratnya 8000 kg pada suatu permukaan tertentu akan mulai terjadi selip setelah diberikan tenaga tarik sebesar 4000 kg, maka :

Koefisien traksi : $4000 : 8000 = 0,50$

Tabel 1.6. Koefisiensi traksi pada tiap kendaraan

Permukaan	Ban karet	Crawler
Beton, kering dan kasar	0,80-1,00	0,45
Tanah liat, kering	0,50-0,70	0,90
Tanah liat, basah	0,40-0,50	0,70
Pasir kerikil	0,20-0,40	0,30

7. Kemampuan Mendaki

Ditanyakan dengan landai maksimum yang bisa ditempuh oleh suatu kendaraan, dinyatakan dengan % (persen). Kemampuan mendaki berbeda untuk setiap macam kendaraan, dan tergantung dari berbagai faktor antara lain :

- Tenaga tarik (DBP) atau rimpull yang dapat disediakan oleh mesin.
- RR dari permukaan jalan.
- Berat total traktor dan muatan.
- Landai permukaan.

BAB II T R A K T O R

A. UMUM

Traktor adalah suatu alat yang dapat merubah tenaga mesin menjadi tenaga tarik (traksi). Berdasarkan roda penggeraknya, traktor dibagi menjadi dua tipe :

1. Traktor beroda rantai (crawler traktor)
2. Traktor beroda ban karet (wheel traktor)

Masing-masing tipe mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri, sehingga pada pemilihan alat yang cocok untuk suatu pekerjaan tertentu perlu memperhatikan faktor-faktor berikut :

- a. Ukuran traktor yang mungkin bisa digunakan dalam pekerjaan.
- b. Traksi yang tersedia sesuai dengan keadaan pekerjaan.
- c. Kekerasan permukaan yang akan dilalui
- d. Panjang jalan angkut (Haul Distance)
- e. Kecepatan yang diperlukan
- f. Ada tidaknya pekerjaan lain setelah pekerjaan pokok selesai.
- g. Sarana mobilisasi ketempat pekerjaan.

B. TIPE TRAKTOR

1. Traktor beroda rantai (crawler tractor)

Tipe ini paling banyak dipakai dalam pekerjaan pemindahan tanah. Karena sifatnya yang serba guna dan mempunyai koefisien traksi yang cukup besar bila bekerja di tanah. Dapat digunakan antara lain :

- a. Sebagai alat penggerak (prime mover)

Berfungsi sebagai alat penarik suatu alat konstruksi lain.

Misalnya : - sheep foot roller.
 - scraper, dll

- b. Sebagai sumber tenaga suatu alat

Misalnya : - bulldozer
 - loader, dll

Ditinjau dari rodanya (rantai) ada dua tipe crawler tractor yaitu :

- a. Tipe standart, dengan rantai yang biasa.
- b. Tipe swampy, mempunyai tekanan pada tanah rendah sekali (low ground pressure), sehingga bisa beroperasi pada daerah-daerah yang mempunyai daya dukung rendah sekali (tanah rawa, lempung dan sebagainya).

Klasifikasi traktor jenis ini didasarkan pada :

- Tenaga mesin yang dipunyainya.
- Berat traktor itu sendiri
- Tipe traktor tersebut.

Sistem kemudi dengan cara penambahan beban pada salah satu roda, sehingga kecepatan berputar roda yang satu dengan yang lain berbeda, yang menyebabkan bisa berbelok, atau berputar.

Hal ini dimungkinkan karena kecepatan gerak traktor jenis ini tidak terlalu besar.

Keuntungan pemakaian traktor roda ini :

- a. Bisa bekerja pada medan yang berat.
 - Tanah berbatu untuk tipe standart
 - Tanah rawa, lumpur untuk tipe swampy
- b. Tenaga tarik/dorong tinggi, karena koefisien traksi cukup besar bila bekerja ditanah.

Kelamahan traktor roda rantai :

- a. Kecepatan rendah (mobilisasi rendah)
- b. Memerlukan alat angkut khusus untuk menuju daerah kerja terutama bila jarak tempat pekerjaan terlalu jauh.

2. Traktor beroda ban karet (wheel traktor)

Mempunyai kecepatan yang tinggi dibandingkan jenis pertama, tetapi tenaga tariknya tidak terlalu besar. Maka pengoperasiannya memerlukan jalan yang terpelihara. Tenaga roda (rimpull) dari jenis ini sangat dipengaruhi oleh keras atau lambatnya permukaan tanah.

Dilihat dari rodanya jenis ini dibagi dalam 2 golongan :

- a. Traktor beroda empat
- b. Traktor beroda dua.

Masing-masing juga mempunyai kelebihan dan kelemahannya sendiri-sendiri.

Untung rugi dari kedua jenis traktor tersebut yaitu :

Traktor beroda empat

- Lebih stabil, sehingga lebih mudah mengemudikannya.
- Guncangan lebih kecil pada jalan yang tidak rata.
- Kecepatan jelajah lebih besar dan bisa dijalankan sendiri.

Traktor beroda dua

- Lebih lincah pada jalan yang berliku-liku
- Tenaga tarik lebih besar
- Tahan gelinding lebih kecil (karena roda hanya dua)
- Lebih murah dalam pemeliharaan

C. ALAT-ALAT YANG DIGERAKKAN OLEH TRAKTOR

Alat kontruksi bisa beroperasi kalau ada tenaga yang menggerakkannya. Ditinjau dari alat penggeraknya alat kontruksi dibagi menjadi dua macam :

1. Alat dengan tenaga penggerak terpisah.
Dalam hal ini traktor (alat penggerak) sama sekali terpisah dari alatnya. Alat tersebut tidak bisa berfungsi bila traktornya dilepas. Kelebihannya satu buah traktor bisa dipakai untuk berbagai jenis alat sesuai dengan jenis pekerjaannya dan alat yang akan digunakan. Jenis ini cocok untuk pekerjaan-pekerjaan yang harus dikerjakan secara berurutan.
Contoh : sheep foot foot roller dan lainnya.
2. Alat dengan penggerak menjadi satu
Mesin penggerak dengan alat tidak bisa dipisahkan, sehingga satu mesin hanya khusus untuk satu alat saja.
Kelebihannya jenis ini mempunyai kemampuan lebih besar baik tenaga tarik/dorongannya maupun kelincihannya geraknya.
Jenis ini cocok untuk pekerjaan yang harus dikerjakan bersamaan.
Contohnya : Bulldozer dan lainnya.

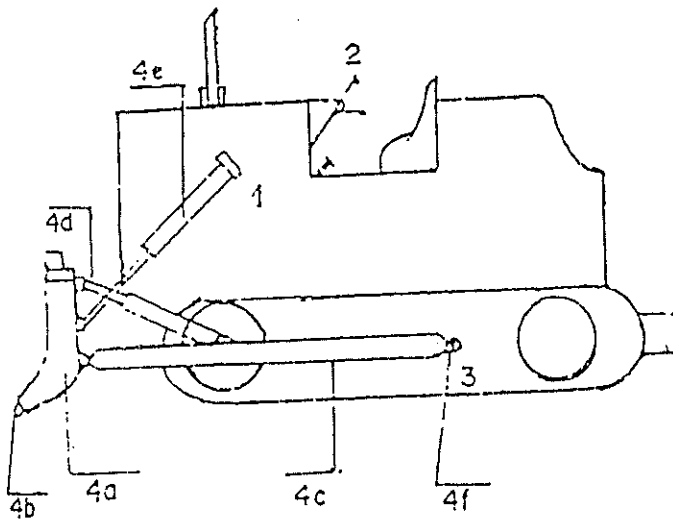
BAB III ALAT-ALAT KONTRUKSI

Tiap jenis alat mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Ada yang mempunyai fungsi lebih dari satu macam pekerjaan.

A. BULL DOZER

Adalah suatu alat dimana traktor menjadi alat penggerak sekaligus juga tempat kedudukan alatnya. Kadang-kadang bulldozer juga disebut traktor yang diberikan suatu alat tambah yang berupa pisau pendorong.

1. Bagian-bagian penting dari Bulldozer bisa dilihat pada gambar 3.1



1. Alat penggerak (mesin)
2. Sistem kemudi (steering sistem)
3. Bagian bawah / roda undercarriage)
4. Pisau dozer (dozer blade)
- 4a. mold board
- 4b. cutting edge
- 4c. push arm
- 4d. pick arm
- 4e. hydraulic controlled
- 4f. engsel

2. Untuk keperluan pekerjaan yang berbeda-beda pisau dozer (dozer blade) dibuat bermacam-macam antara lain :
 - a. Straight blade
Untuk keperluan mendorong lurus kedepan, karena kedudukan pisau tetap tidak bergerak.
 - b. Angle blade
Dimana kedudukan pisau bisa membentuk sudut pada bidang horisontal (bila menginginkan mendorong miring kesamping) dan pada bidang vertikal (bila menginginkan membentuk kemiringan permukaan).

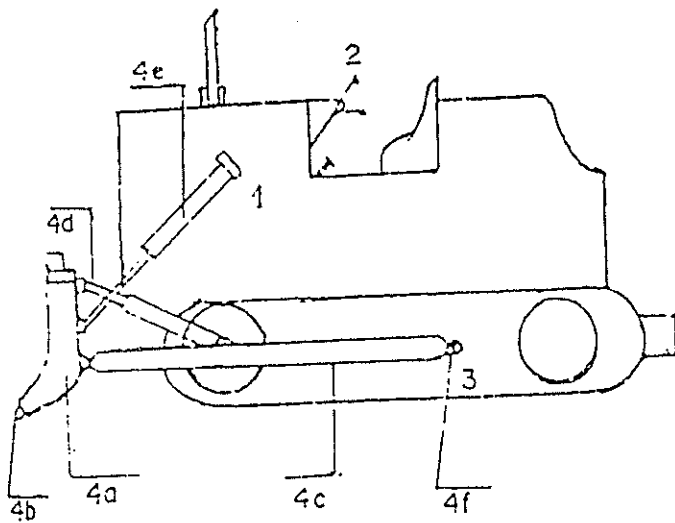
BAB III ALAT-ALAT KONTRUKSI

Tiap jenis alat mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Ada yang mempunyai fungsi lebih dari satu macam pekerjaan.

A. BULL DOZER

Adalah suatu alat dimana traktor menjadi alat penggerak sekaligus juga tempat kedudukan alatnya. Kadang-kadang bulldozer juga disebut traktor yang diberikan suatu alat tambah yang berupa pisau pendorong.

1. Bagian-bagian penting dari Bulldozer bisa dilihat pada gambar 3.1



1. Alat penggerak (mesin)
2. Sistem kemudi (steering sistem)
3. Bagian bawah / roda undercarriage)
4. Pisau dozer (dozer blade)
- 4a. mold board
- 4b. cutting edge
- 4c. push arm
- 4d. pitch arm
- 4e. hydraulic controlled
- 4f. engsel

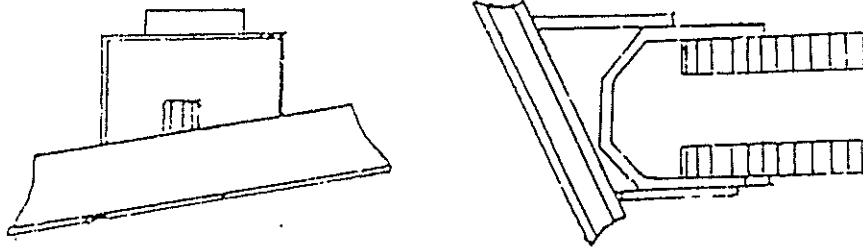
2. Untuk keperluan pekerjaan yang berbeda-beda pisau dozer (dozer blade) dibuat bermacam-macam antara lain :

a. Straight blade

Untuk keperluan mendorong lurus kedepan, karena kedudukan pisau tetap tidak bergerak.

b. Angle blade

Dimana kedudukan pisau bisa membentuk sudut pada bidang horisontal (bila menginginkan mendorong miring kesamping) dan pada bidang vertikal (bila menginginkan membentuk kemiringan permukaan).



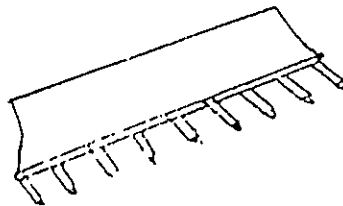
Membentuk sudut pada bidang vertical Membentuk sudut pada bidang horizontal

Gambar 3.2

c. Rake blade

Dimana pisau dozer mempunyai gigi bisa dipakai untuk mendorong semak-semak. Ada dua macam :

- angle rake blade
- straight rake blade



Gambar 3.3

d. U blade

Pisau dozer dimana dibagian tepi kiri kanannya bisa dilipat kedepan sehingga membentuk huruf U. Dipakai untuk mendorong agar tanah yang didorong tidak lari kekiri dan kekanan.

3. Sistem kemudi (steering sistem,

Terdapat dua macam sistem kemudi (pengendali) :

a. Sistem kendali (steering sistem)

Dimana semua gerakan pisau, rem dll diatur dengan kabel. Sifat dari sistem ini antara lain :

- Mudah pemasangan maupun penggunaannya.
- Mudah pemeliharanya, karena semua bagian-bagiannya tampak jelas.
- Tidak berbahaya, karena pisau akan naik dengan sendirinya bila mempunyai rintangan.
- Kurang mampu mendorong (memotong) tanah keras karena tenaga penggilannya mengandalkan berat sendiri dari pisaunya.

b. Sistem kendali hidrolik (hydraulic controlled)

Sifat dari sistem kendali ini antarlain :

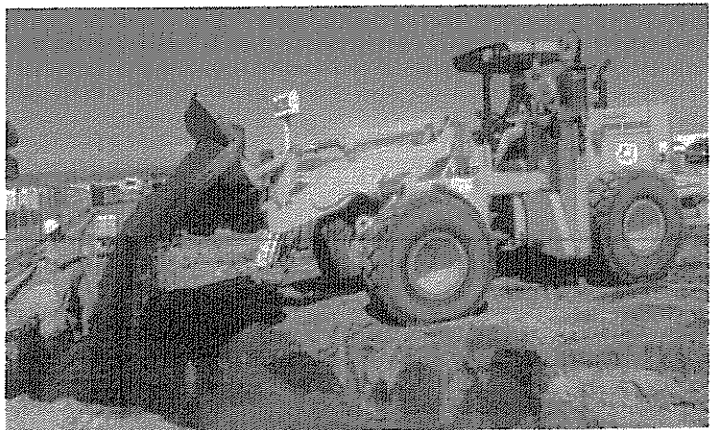
- Tenaga penggali lebih besar karena memungkinkan untuk menambah tekanan pisau kedalam tanah dengan tenaga hidrolik.
- Mudah dalam mengatur dan menguasai kedudukan pisau yang tepat.
- Pemeliharaan cukup berat dan memerlukan ketelitian serta tenaga ahli.
- Ditempat yang terpencil sering mengalami kesulitan memperoleh minyak hidrolik, perlu persediaan yang banyak, sehingga memerlukan investasi lebih banyak.



Gambar 3.3 a : Bulldozer sistem kendali kabel.



Gambar 3.3 b : Bulldozer sistem kendali hidrolisis.



Gambar 3.3 c : Bulldozer roda ban karet.

4. Roda (bagian bawah/under carriage)

Seperti halnya traktor, bagian bawah bulldozer ada dua macam :

a. Tipe beroda rantai (crawler type)

Yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Mempunyai tenaga traksi (tarik) yang besar bila bekerja di atas tanah
- Mampu beroperasi dilapangan yang berat
- Tidak memerlukan pemeliharaan jalan kerja yang teliti
- Kurang menguntungkan untuk mendorong dalam jarak jauh karena kecepatan rendah.
- Memerlukan alat angkut khusus untuk menuju tempat pekerjaan, bila jaraknya jauh dan melalui jalan aspal.

b. Tipe beroda ban karet (wheel type)

Yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Mobilitas tinggi, sehingga cocok untuk jarak angkut jauh
- Bisa berjalan sendiri menuju tempat pekerjaan
- Lebih mudah mengendalikan, sehingga operatornya bisa bekerja lebih lama
- Tidak mampu bekerja di medan yang berat
- Memerlukan pemeliharaan jalan kerja yang teliti
- Biaya ban lebih mahal

5. Kegunaan Bulldozer

a. Membersihkan lapangan antara lain pekerjaan :

- Menumbangkan pohon dan menggusurnya
- Menggusur semak-semak
- Mengupas permukaan tanah (top soil)

Pekerjaan-pekerjaan tersebut biasanya dikerjakan bulldozer dengan memakai straight blade. Kecuali untuk menggusur pohon-pohon besar biasanya juga dipakai Rake blade.

b. Penggusuran biasa (general dozing)

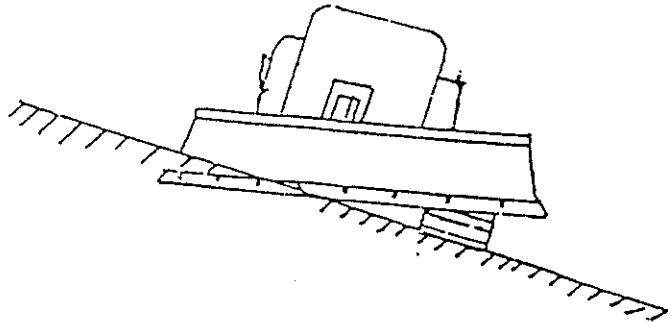
Yaitu memotong tanah dan mendorong ke tempat lain dengan pisanya. Biasanya keadaan tanahnya tidak curah (landai kecil). Untuk pekerjaan ini penggunaan pisau (blade) disesuaikan dengan tujuan penggusuran.

- Memakai straight blade bila menggusur lurus ke depan
- Memakai angle blade bila menggusur tanah di buang ke samping dan perlu membentuk kemiringan permukaan tanah
- Memakai U blade bila dikehendaki tidak boleh ada tanah yang lari kesamping

Cara kerja mendorong harus diusahakan ke arah bawah, agar dengan tenaga kerja yang kecil bisa diperoleh produksi yang besar.

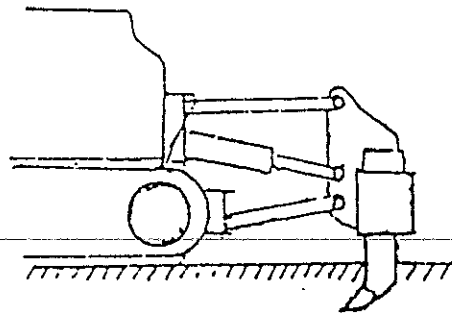
c. Pemotongan tebing (side hillcut)

Pekerjaan ini dikerjakan untuk membuat jalan kerja ke atas bukit atau pada pembuatan jalan lereng bukit. Biasanya Bulldozer memakai angle blade. Bulldozer bekerja memotong tebing (side hill cut) kedudukan pisau membentuk sudut dengan garis tebing pada bidang vertical.



Gambar 3.4 Pemotongan tebing

- d. Menabur tanah timbunan (spreading)
Untuk pekerjaan ini bisa dengan straight blade bila didinginkan permukaan yang rata dan memakai angle blade bila diinginkan permukaan yang miring.
- e. Menggali tanah keras.
Apabila tanah sudah sedemikian keras, sehingga pisau dozer (dozer blade) tidak lagi mampu memotongnya, maka Bulldozer harus dilengkapi dengan suatu alat yang disebut ripper. Alat ini dipasang di bagian belakang Bulldozer dengan skema sebagai berikut :
Dengan kekuatan tenaga hydrolis ripper ditekan kebawah. kemudian bulldozer dijalankan ke depan sehingga kuku-kuku ripper tersebut bisa menggeruk tanah keras/cadas.



Gambar 3.5 Ripper pada bulldozer

- f. Sebenarnya masih banyak lagi peralatan tambahan (attach ment) yang bisa dipasang ada Bulldozer, tetapi yang paling penting untuk pekerjaan tanah, terutama di Indonesia kiranya cukup yang disebut diatas.

6. Perhitungan produksi Bulldozer

Mempelajari suatu alat, akan kurang arti bila kita tidak tahu berapa kapasitas alat tersebut. Maka disini juga akan dibahas bagaimana caranya menghitung kemampuan.

(Kapasitas) produksi Bulldozer. Secara umum produksi suatu alat bisa dikemukakan dengan rumus berikut ini :

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

Dimana : Q = Jumlah produksi per jam (m^3/jam)
 q = Produksi setiap gerakan/cycle (m^3)
 N = Jumlah gerakan per jam (cycle/hour)
 E = Efisiensi kerja
 C_m = Waktu yang diperlukan untuk satu gerakan (cycle/time)

Volume tanah yang diproduksi, keadaanya tergantung dari keadaan tanah yang dikerjakan oleh alat tersebut (asli, lepas atau padat)

Efisiensi kerja (job efficiency)

Adalah suatu faktor yang mempengaruhi jumlah produksi tiap jam suatu alat berhubung keadaan-keadaan tertentu pada pekerjaan yang dilaksanakan.

Efisiensi kerja tergantung dari beberapa faktor antara lain :

- Topografi dan keadaan tanah yang dikerjakan
- Ketrampilan operator
- Pemilihan alat yang tepat
- Pemeliharaan mesin (alat)

Berikut ini diberi angka Efisiensi kerja berdasarkan kombinasi keadaan-keadaan diatas.

Tabel 3.1. Harga efisiensi kerja.

Kondisi operasi	Pemeliharaan Alat				
	Bagus sekali	Bagus	Normal	Agak buruk	Buruk
Bagus Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,67
Bagus	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Normal	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Agak Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Produksi tiap gerak :

Untuk Bulldozer adalah $q = L \times H^2 \times a$

Dimana : L = Lebar Blade (pisau)

H = Tinggi blade (pisau)

A = Faktor blade

Faktor pisau (blade) tergantung dari pada kondisi pelaksanaan dan tanahnya. Berikut beberapa harga a untuk berbagai kondisi pelaksanaan dan material tanah.

Tabel 3.2. Harga a pada berbagai kondisi pelaksanaan.

Tingkat	Kondisi pelaksanaan	Harga a (faktor pisau)
Mudah	Pisau bisa penuh, biasanya pada pengusuran tanah dengan kadar air rendah, tanah biasa	0,9-1,1
Sedang	Tanah lepas, pisau tidak bisa penuh, tanah berkerikil pasir.	0,7-0,9
Agak sukar	Tanah dengan kadar air tinggi lempung kering, tanah asli.	0,6-0,7
Sukar	Batu hasil ledakan atau batu-batu besar.	

Cycle time (waktu untuk satu gerakan) :

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit)}$$

Dimana : Cm = Cycle time

D = Jarak angkut (haul distance)

F = Kecepatan maju ($\pm 0,75 \times$ kecepatan max)

R = Kecepatan mundur ($\pm 0,85 \times$ kecepatan max)

Z = Waktu tetap yang diperlukan untuk start, berhenti, pindah gear dll.

Contoh soal :

Hitung jumlah produksi per jam dari suatu Bulldozer D 155 = A-1 bila bekerja pada kondisi sebagai berikut :

Jarak angkut : (haul distance) = 40 m

Jenis pisau : straight blade L = 4,13 m H = 1,59 m

Jenis tanah : tanah biasa.

Efisiensi kerja = kondisi pelaksanaan/operasi : bagus

pemeliharaan mesin : bagus.

Kecepatan kerja = maju dengan gigi satu : (0-3,7) km/jam

mundur dengan gigi dua : (0-8,2) km/jam.

Pemecahan :

$$\begin{aligned} \text{a. Produksi tiap gerakan} \quad q &= L \times H^2 \times a \dots\dots\dots (\text{lihat tabel. 3.2}) \\ &= 4,13 \times 1,59^2 \times 0,80 \\ &= 8,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Cycle time : $F = \text{kecepatan maju} = 0,75 \times 3,7 = 2,8 \text{ km/jam.}$
 $R = \text{kecepatan mundur} = 0,85 \times 8,2 = 7 \text{ km/jam}$
 $Z = \text{waktu untuk pindah gigi} = 0,05 \text{ menit.}$
 $C_m = \frac{40 \times 60}{2800} + \frac{40 \times 60}{7000} + 0,05 = 1,26 \text{ menit.}$

c. Efisiensi kerja (lihat tabel 3.1) = 0,75

d. Faktor kembang tanah biasa : $\frac{Loese}{bank} = \frac{lepas}{asli} = 1,25 \dots$ (lihat tabel. 1.2/1.3)

atau dalam keadaan lepas = 1,00
dalam keadaan asli = 0,80.

Produksi dalam keadaan lepas = per jam : $Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E$

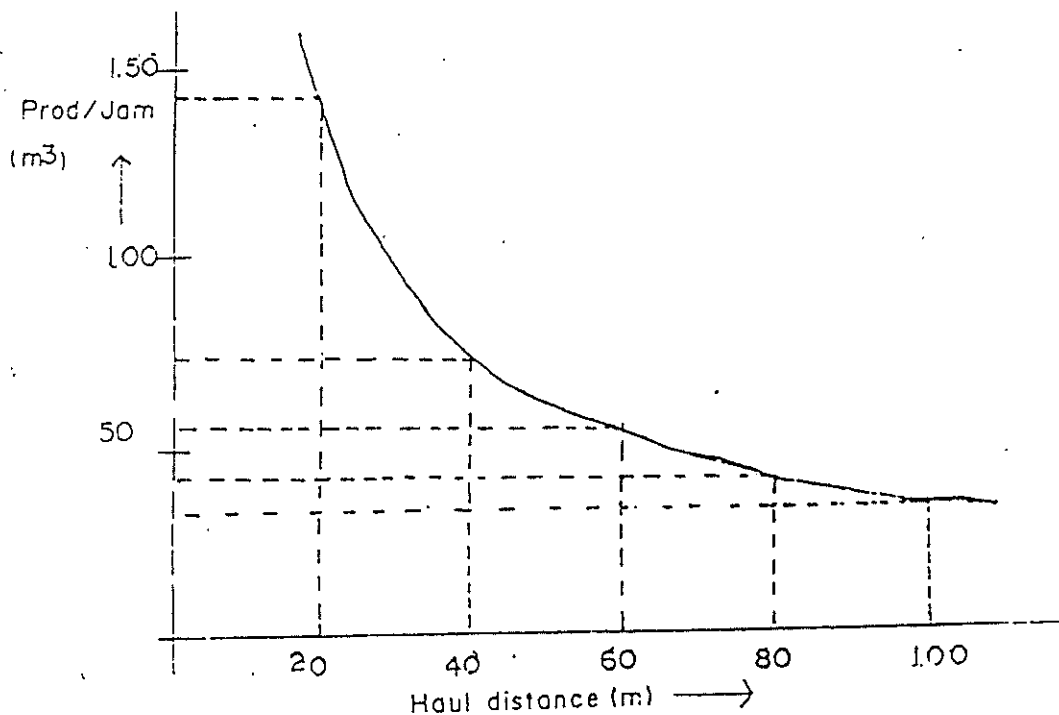
$$Q = \frac{8,5 \times 60 \times 0,75 \times 1,00}{1,26} = 304 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Biasanya pabrik dari suatu alat memberikan juga suatu tabel produksi (lihat tabel 3.2)

Tabel 3.3 (Production table “dari Bulldozer” Komatsu D 40 – A – 1”)

Model particular		D 40 A-1			Remarks		
Blade capacity (m ³)		1,77			L.H ²		
Haul distance (m)		20	40	60	80	100	
C y c l e	Fixed time (min)	0,01	0,10	0,10	0,10	0,10	
	Advancing time (min)	0,36	0,73	1,09	1,45	1,82	F.2
	Returning time (min)	0,16	0,31	0,47	0,62	1,78	R.2
T i m e	Total (min)	0,62	1,14	1,60	2,17	2,70	
Hourly production m ³ /jam		143	78	54	40	32	

Dari tabel diatas kemudian dibuat grafik hubungan antara jarak angkut (haul distance) dengan produksi per jam.

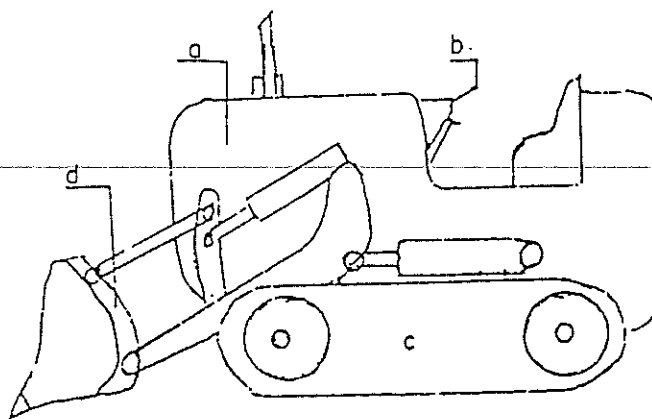


Gambar 3.6. Grafik Hubungan Produksi Bulldozer dan Jarak Angkut.

Dengan grafik tersebut dengan mudah kita bisa perkirakan produksi per jam untuk suatu jarak angkut tertentu, dan kemudian dikalikan efisiensi kerja.

B. LOADER (ALAT PEMUAT)

Seperti halnya Bulldozer, alat ini juga berupa suatu traktor yang diberi alat tambahan yang berfungsi sebagai pemuat.



Gambar. 3.7. Bagian-bagian dari Loader.



Gambar 3. 7a. Loader roda rantai



Gambar 3.7b. Loader Roda Ban

1. Bagian-bagian dari Loader
 - a. Tenaga penggerak (mesin)
 - b. Sistim kemudi (streering system)
 - c. Bagian bawah (undercarrinage)
 - Jenis beroda rantai (trackt type)
 - Jenis beroda ban karet (wheel type)
 - d. Bagian tambahan (attachement)

2. Fungsi

Sesuai dengan namanya loader berfungsi untuk memuat material ke dalam suatu alat lain, misalnya truck, atau untuk memindahkan material dari suatu tempat ketempat lain yang jaraknya tidak terlalu jauh.

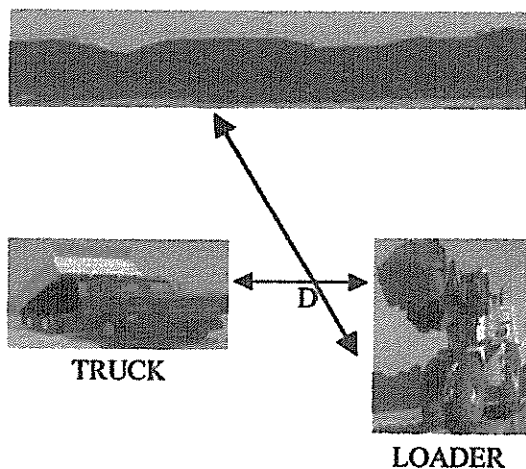
Biasanya material yang dimuat dalam keadaan lepas, terutama pada jenis yang beroda ban karet (wheel type)

3. Cara kerja loader

a. Croos Loading

Loader bergerak maju untuk mengambil material, setelah bucket penuh, loader mundur, dan truck mundur didepan loader, kemudian material dalam bucket ditumpukan dalam truck.

Selanjutnya truck maju kembali dan loaderpun maju untuk mengambil material lagi. Demikian seterusnya skema cara kerja cross loading :



Rumus cycle time
untuk cross loading

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z$$

D = hauling distance

F = forward speed

R = recersed speed

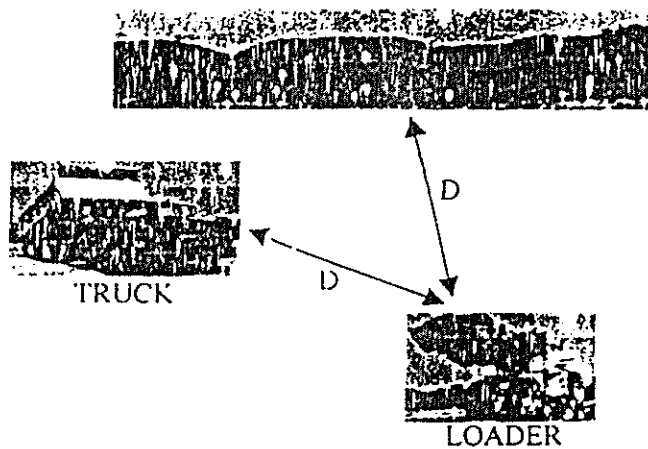
z = fixed time

Gambar 3.8. Metoda Croos Loading

b. V shape loading

Loader bergerak maju untuk mengambil material, kemudian mundur dan berbelok maju lagi menuju truck (yang diam) untuk menumpahkan material selanjutnya mundur lagi dan berbelok maju untuk mengambil material lagi. Demikian seterusnya.

Skema cara kerja V shape loading



Gambar 3.9. Metoda V Shape Loading

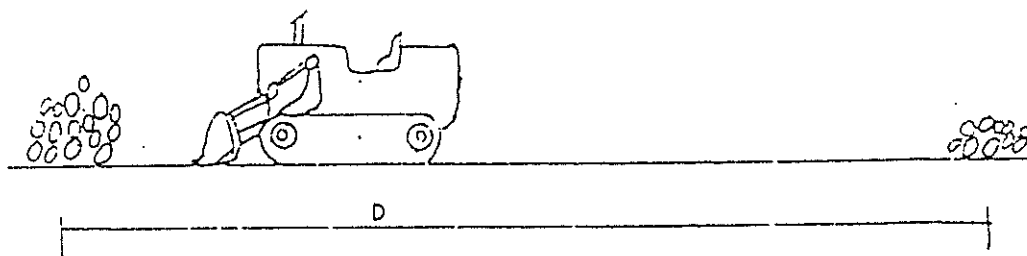
Cycle time untuk V shape loading :

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

c. Load and Carry

Loader mengambil material, kemudian mengangkutnya sendiri ke tempat penimbunan yang lain (biasanya jaraknya tidak terlalu jauh).

Skema cara kerjanya : Load and Carry



Gambar 3.10. Metoda Load and Carry

Cycle time untuk load and Carry :

$$C_{in} = \frac{2D}{F} + z$$

4. Perhitungan Produksi Loader

Secara umum produksi suatu loader bisa dihitung dengan rumus di bawah ini :

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



Gambar 3. 10. a. : Dump Truck



Gambar 3.10. b. : Dump Truck dengan Sistem Hidrolis

Dimana :

- Q = Jumlah produksi per jam (m^3/jam)
q = Jumlah produksi setiap gerakan (m^3)
Cm = Cycle time (waktu tiap satu gerakan) (menit)
E = Efisiensi kerja

a. Produksi setiap gerakan

$$q = q_1 \times K \quad \text{dimana} \quad q_1 = \text{isi penuh dari bucket (sendok)} \\ K = \text{bucket factor}$$

Besarnya tanah (material) yang bisa dimuat oleh bucket tergantung pada jenis dan kondisi tanah.

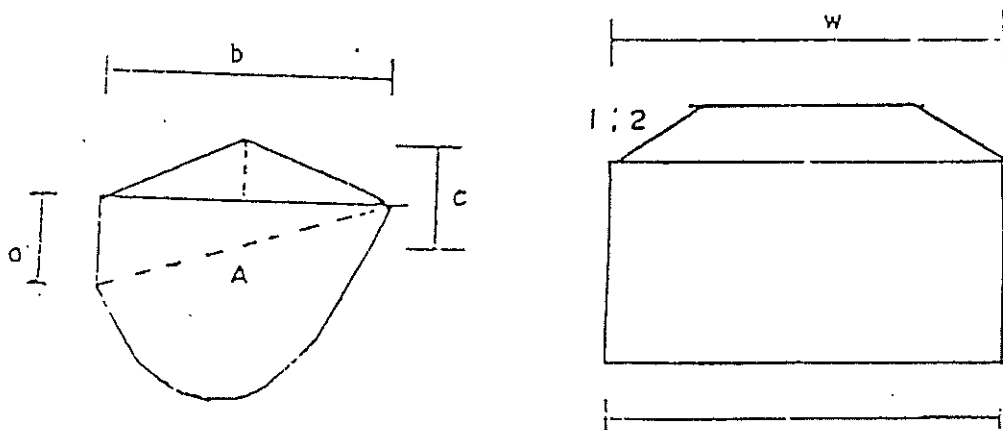
Berikut ini diberikan daftar sebagai gerakan untuk besarnya faktor K.

Isi bucket bisa 2 (dua) keadaan :

- Heaped (menjunjung)
- Struck (peres)

Tabel 3.4 Besarnya Faktor K (Bucket Factor)

Sebutkan	Kondisi Pekerjaan	Faktor K
Mudah	Memuat material pada penumpukan, Material lepas dimana tanpa memerlukan tenaga penggalian. Pasir, tanah berpasir, tanah dengan kadar air sedang, dimana bucket bisa memuat penuh.	0,8-1,0
Sedang	Memuat material yang agak sukar ditekan dengan bucket, tetapi masih bisa hampir penuh. Pasir kering, tanah berlempung, lempung, kerikil, dll	0,6-0,8
Agak sukar	Memuat batu pecah, lempung keras pasir berkerikil, lempung dengan kadar air tinggi yang telah disediakan oleh alat penggali lain, tetapi sukar mengisi bucket sepenuhnya.	0,5-0,6
Sukar	Memuat batu besar, batu bekas ledakan, tanah yang sukar disekop ke dalam bucket.	0,4-0,5



Penampang Melintang Bucket

Penampang Memanjang Bucket

Gambar 3.11. Isi bucket

Volume peres (struck) :

$$V_s = A \cdot w - \frac{2}{3} a^2 \cdot b$$

Di mana : A = Luas penampang melintang pada pusat bucket
w = Lebar rata-rata bagian dalam bucket
b = Panjang pembukaan pada pusat bucket
a = Tinggi limpahan pada pusat bucket

Volume munjung (heaped) :

$$V_r = V_s + \frac{b^2 \cdot w}{8} + \frac{b^2}{b} (a + c)$$

Setiap alat biasanya mempunyai kapasitas bucket yang ditentukan pabrik.

b. Efisiensi kerja

Seperti halnya pada Bulldozer lihat tabel 3.1

c. Cycle time

- V shape loading $C_m = \frac{2D}{F} + \frac{2D}{R} + z$
- Cross loading $C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z$
- Load and Carry $C_m = \frac{2D}{F} + z$

d. Contoh perhitungan produksi loader

1. Suatu dozer shovel (crawler type loader) D 755 (Komatsu) bekerja mengisi dump truck dengan kondisi sebagai berikut :

- Cara kerja = V shape loading
- Jarak angkut = 7,5 m
- Jenis material = Batu pecah
- Efisiensi kerja = 0,83 (operasi dan pemeliharaan alat bagus sekali)
- Faktor bucket = 0,8
- Kecepatan kerja = F2 (0-5,8 km/jam), R2 (0-7,5 km/jam)
- Kapasitas bucket = 2,2 m³ (heaped)

Pemecahan :

$$q = q_1 \times K = 2,2 \times 0,8 = 1,8 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (\text{lihat tabel 3.4})$$

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

$$F = 0,8 \times 5,8 \times 0,8 = 4,6 \text{ km/jam} = 77,3 \text{ m/menit.}$$

$$R = 0,8 \times 7,5 = 6 \text{ km/jam} = 100 \text{ m/menit.}$$

$$Z = \text{diambil} = 0,2 \text{ menit}$$

$$C_m = \frac{7,5 \times 2}{77,3} + \frac{7,5 \times 2}{100} + 0,2 = 0,54$$

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

$$\text{Kondisi material : loose} = 1,00$$

$$\text{Asli} = 0,61 \dots\dots\dots (\text{tabel 1,2 atau 1,3})$$

Jumlah produksi dalam keadaan loose (lepas) (F 1.00)

$$Q = \frac{q \times 60 \times 1,00}{C_m} = 1,8 \times \frac{60 \times 1,00}{0,54} = 166 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah produksi dalam keadaan asli (f = 0,61)

$$Q = 166 \times 0,61 \text{ m}^3/\text{jam} = 101 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. Sebuah wheel type loader Komatsu W 170

Kapasitas bucket = 3,9 m³ (heaped), bekerja dengan kondisi :

- Cara kerja = Cross loading
- Jarak angkut = 10 m
- Jenis tanah = Lempung pasir
- Efisiensi kerja = 0,83
- Faktor bucket = 0,9 (easy loading)
- Kecepatan kerja = F₁ (0-7 km/jam) R₁ (0-7 km/jam)
- Fixed time = 0,3 menit

Pemecahan :

$q = K \cdot q_1 = 0,9 = 3,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ (lihat tabel 3,4)
kecepatan maju $F = 0,8 \times 7 = 5,6 \text{ km/jam} = 93,3 \text{ m/menit}$.
Kecepatan mundur $R = 0,8 \times 7 = 5,6 \text{ km/jam} = 93,3 \text{ m/menit}$.

Cycle time :

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$$
$$= \frac{10}{93,3} + \frac{10}{93,3} + 0,3 = 0,51 \text{ menit}$$

Konvensi keadaan tanah : lepas : $f = 1,00$
asli : $f = 0,80$

Maka produksi dalam keadaan lepas :

$$Q = \frac{3,5 \times 60 \times 0,83 \times 1,00}{0,51} = 342 \text{ m}^3/\text{jam}$$

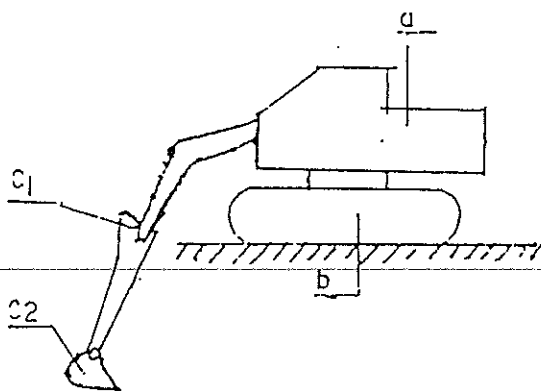
Produksi dalam keadaan asli :

$$Q = 342 \times 0,8 \text{ m}^3/\text{jam} = 273 \text{ m}^3/\text{jam}$$

C. EXCAVATOR

Alat ini bisa berfungsi sebagai alat penggali, pengangkat dan pemuat.

1. Bagian-bagian yang penting dari Excavator dapat dilihat pada gambar 3.12.



C_1 = Lengan (boom)

C_2 = bucket

- a. Bagian atas yang biasanya berputar (revolving)
- b. Bagian bawah yang berfungsi untuk berpindah tempat (travel unit)
- c. Bagian tambahan (attachment) yang dapat diganti-ganti sesuai dengan pekerjaan yang hendak dikerjakan.

Gambar 3.12 Excavator

- a. Bagian atas excavator bisa berputar dengan sistem penggerak gigi (gear system). Disini tempat letaknya tenaga penggerak dan sistem kemudinya.

b. Bagian bawah (under carriage)

Berdasarkan jenis rodanya terdapat dua jenis excavator yaitu :

- Crawler type (beroda rantai)
- Wheel type (beroda ban karet)

Seperti halnya tractor dan Bulldozer, crawler type excavator dipakai pada daerah-daerah yang sukar dan tidak terlalu sering berpindah tempat, misalnya pada penggalian daerah bendungan dan saluran-saluran irigasi.

Sedangkan wheel type excavator dipakai untuk pekerjaan penggalian setempat-setempat dan sering berpindah tempat serta pada daerah yang mudah dilalui kendaraan dengan roda ban, misalnya pada pekerjaan penggalian gorong-gorong pada pekerjaan jalan raya.

- Crawler type (beroda rantai)
- Wheel type (beroda ban karet)

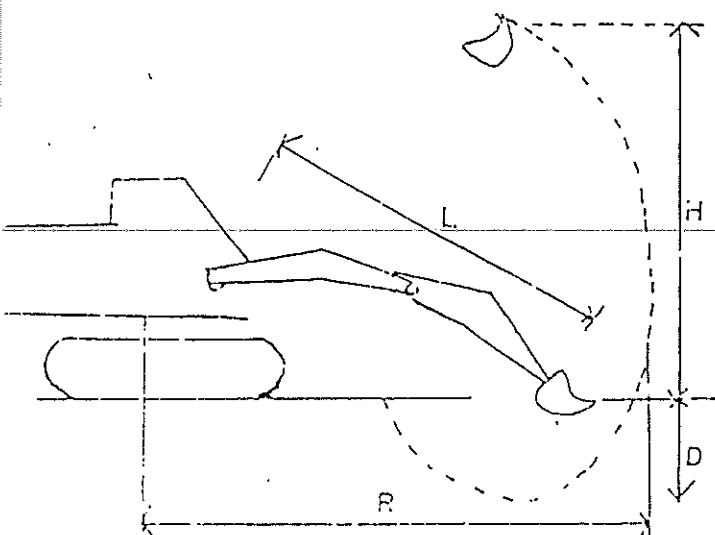
Seperti halnya tractor dan Bulldozer, crawler type excavator dipakai pada daerah-daerah yang sukar dan tidak terlalu sering berpindah tempat, misalnya pada penggalian bendungan dan saluran-saluran irigasi.

Sedangkan wheel type excavator dipakai untuk pekerjaan penggalian setempat-setempat dan sering berpindah tempat serta pada daerah yang mudah dilalui kendaraan dengan roda ban, misalnya pada pekerjaan penggalian gorong-gorong, jalan raya.

c. Bagian tambahan (attachments)

Fungsi serta kemampuan kerja excavator sangat bervariasi dan bisa diatur dari bagian ini. Dari bagian tambahan muncul berbagai nama dan jenis excavator. Jenis dan nama-nama yang penting antara lain :

1. Power Shovel



- R = Jari-jari galian maximum
- H = Tinggi tebing galian
- L = Panjang boom
- D = Dalam galian

Gambar 3.13. Power Shovel

Attachment berbentuk shovel dimana bucketnya menghadap keatas/kedepan. Sangat sesuai untuk menggali tebing dan bisa pula untuk pekerjaan memuat. Kapasitas shovel biasanya didasarkan pada volume cubic yard. Seperti halnya loader isi bucket berdasarkan keadaan:

- Heaped (mujung)
- Struck (peras)

Serta keadaan tanah :

- Bank (asli)
- Loose (lepas)

Kapasitas produksi power shovel tergantung kepada :

- Kapasitas/volume bucket
- Kondisi tanah
- Kondisi alat
- Tinggi tebing/dalam galian
- Sudut putar untuk membuang muatan
- Keadaan operator

Tinggi optimum shovel adalah tinggi tebing yang paling baik (ideal), pada saat di capai bucket, dan telah terisi penuh tanpa memberikan tenaga tambahan yang berlebihan. Ketinggian ini tergantung pada :

- Volume bucket
- Macam tanah

Berikut diberikan tabel tinggi optimum untuk berbagai volume bucket dan macam tanah.

Tabel 3.5. Tinggi optimum (feets) dan macam tanah

No.	Macam tanah	Volume bucket (cubic yards)					
		0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
1.	Tanah pasir basah	4,60	5,30	6,00	7,00	7,80	8,40
2.	Pasir kerikil	4,60	5,30	6,00	7,00	7,80	8,40
3.	Tanah biasa, baik	5,70	6,80	8,20	9,20	10,20	11,20
4.	Tanah lempung keras	7,00	8,00	9,00	10,70	12,20	13,30
5.	Batu karang, hancur	8,00	9,00	9,00	10,70	12,20	13,30

Berikut juga diberikan tabel prosentase hasil guna shovel berdasarkan beberapa macam tinggi dan beberapa macam sudut putar dimana produksi dengan sudut putar 90^0 dan tinggi tebing = tinggi optimum = 100 %.

Tabel 3.6. Prosentase hasil guna shovel

% x Tinggi Optimum	Sudut putar (derajat)						
	40^0	60^0	75^0	90^0	120^0	150^0	180^0
40	93	89	85	80	72	65	59
60	110	103	96	91	81	73	66
80	122	112	104	98	86	77	69
100	126	116	107	100	83	79	71
120	111	107	103	97	86	77	70
140	112	104	97	86	81	73	66
160	103	96	90	85	75	67	62

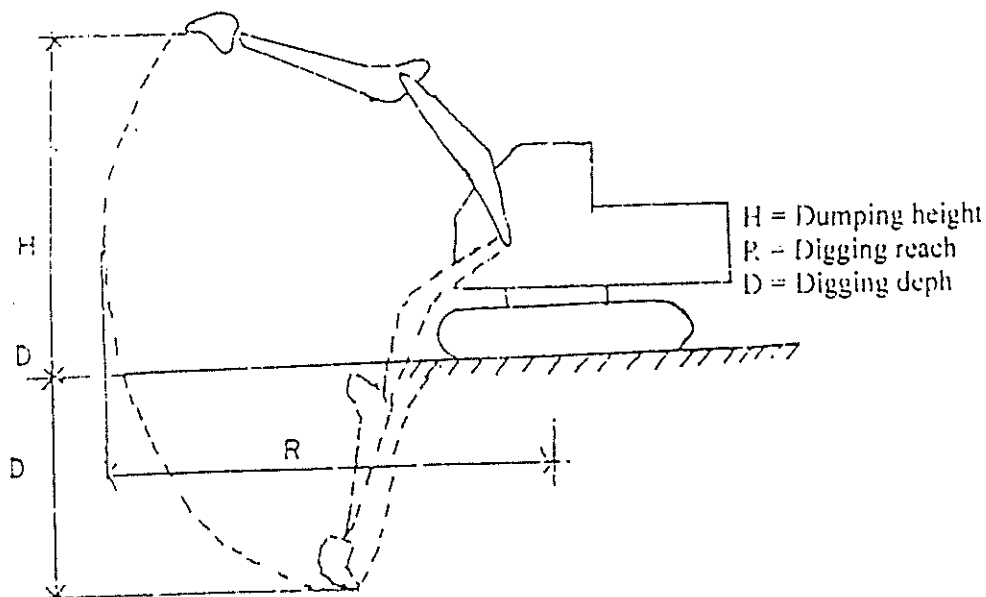
Tindakan-tindakan pemeliharaan untuk menjaga produksi shovel agar tetap tinggi :

- Gigi bucket dipelihara tetap tajam
- Menarik bucket segera setelah penuh
- Menempatkan shovel sedekat mungkin dengan tebing (kecuali ada bahaya longsor)
- Menghadapkan shovel dengan drive sprocket disisi jauh dari tebing.
- Memperkecil sudut putar
- Menempatkan alat angkut (truck) pada kedua sisi bila mungkin.

Drive sprocket adalah sorocet yang diputar oleh mesin dan menjalankan rantai (roda)

2. Back Hoe

Pada prinsipnya sama dnegan power shovel, tetapi bucket menghadap kebelakang/kebawah. Alat ini sesuai untuk menggali jauh di bawah permukaan tanah di mana alat didirikan. Karena fungsinya tersebut maka Back Hoe banyak dipakai nama excavator. Banyak dipakai dalam pekerjaan penggalian saluran, bandungan dan lain-lain.



Gambar 3.14. Back Hoe

Excavator (back hoe) sangat cocok untuk pekerjaan penggalian sekaligus memuat, karena tenaganya mampu untuk menggali keadaan tanah asli, asal bukan batu. Back Hoe tidak boleh dipakai sebagai alat transport. Karena kecepatannya sangat kecil (± 6 km/jam).

Contoh soal :

Suatu power shovel dengan volume bucket 0,75 cu yds, bekerja menggali tebing setinggi 9,0 ft, tanah berupa tanah biasa dan keadaannya cukup baik, bila cycle time pada kondisi ideal = 0,5 menit, sedang kondisi mesin baik dan kondisi operator normal. Hitung kapasitas produksi power shovel per jam bila harus memuat dengan sudut purat 120° .

Penyelesaian :

Cycle time power shovel ialah waktu yang diperlukan untuk :

- Menggali dan mengisi bucket
- Berputar dan membuang muatan
- Berputar-kembali-untuk-menggali

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

Pada kondisi ideal : $q = 0,75$ cu yds

Tinggi optimum $\pm 6,8$ ft (lihat tabel 3.5)

Tinggi tebing = 9,0 ft = $\frac{9,0}{6,8} = 1,32$ tinggi optimum

Prosentase produksi = $(86 + 81) \% = 83,5$ (lihat tabel 3.6)

$q = 83,5 \% \times 0,75 = 0,69$ cu yds

$r = 0,60$ (lihat tabel 3.1)

$$Q = 0,63 \times \frac{60}{0,5} \times 0,69 = 52,16 \text{ cu yds (loose)}$$

$$\text{atau } Q = \frac{52,16}{1,25} = 41,73 \text{ cu yds (bank) (lihat tabel 1,3)}$$

3. Dragline

Suatu excavator yang cocok dipakai untuk menggali tanah lumpur, dimana back hoe tidak bisa menggali dengan efektif. Drag line biasanya dipakai untuk pekerjaan penggalian dalam dan lebar. Dapat mencapai lebar galian 15-20 m dan kedalaman bisa mencapai 8 m. Karena pengendaliannya dengan sistem kabel, maka drag line hanya cocok untuk penggalian tanah lepas. Misalnya pasir kerikil, lumpur dan lain-lain.

Kapasitas produksi tergantung pada :

- Macam tanah
- Dalamnya galian
- Sudut putar pembuangan
- Macam dan ukuran drag bucket
- Panjang boom
- Medan kerja
- Ketrampilan operator
- Kondisi alat dan pengaturannya

Kapasitas produksi dinyatakan dalam m^3 atau cu yds, ukuran bucket dalam keadaan volume tanah lepas (loose). Berikut ini diberikan gambaran produksi dragline beserta dalam optimum dengan asumsi sudut putar pembuangan 90° .

Tabel 3.7. Produksi dragline beserta dalam optimum dengan asumsi sudut putar pembuangan 90°

Macam Bahan	Ukuran bucket, tinggi optimum, produksi/jam (cu/yds)									
	0,50		0,75		1,00		1,50		2,00	
	hopt	Prod/ J	hopt	Prod/ J	hopt	Prod/ J	hopt	Prod/ J	hopt	Prod/ J
Lempung berpasir basah	5,5	70	6,0	95	6,6	130	7,4	195	8,0	245
Pasir berkerikil	5,5	90	6,0	125	6,6	155	7,4	210	8,0	255
Tanah biasa	6,7	75	7,4	105	8,0	135	9,0	190	9,9	230
Lempung keras	8,0	55	8,7	90	9,3	110	10,7	160	11,8	195
Lempung lengket	8,0	30	8,7	55	9,3	75	7,5	110	11,8	145

Tabel berikut adalah prosentase hasil guna drag line terhadap prosentase hasil terhadap prosentase dalam optimum berdasarkan hasil kerja dengan sudut $90^0 = 100\%$.

Tabel 3.8. Prosentase hasil drag line terhadap prosentase optimum dengan sudut putar $90^0 = 100^0$.

% x dlm	Sudut putar dalam derajat						
optimum	45	60	75	90	120	150	180
20	99	94	90	87	81	75	70
40	108	102	97	93	85	78	72
60	113	106	101	97	88	80	74
80	117	109	103	99	90	82	76
100	129	119	102	100	91	83	77
120	117	109	102	98	90	82	76
140	114	106	100	96	88	81	75
160	110	102	97	93	85	79	73
180	105	98	94	90	82	76	71

Cara penggunaan tabel tersebut diatas seperti pada tabel yang digunakan untuk power shovel.

Memilih bucket dan pajang boom.

Berat bucket merupakan beban mati dan mempunyai pengaruh yang merugikan hasil guna dragline. Untuk mengurangi pengaruh tersebut dibuat 3 (tiga) macam bucket untuk pekerjaan yang berbeda sifatnya :

1. Untuk pekerjaan berat (heavy duty)
2. Untuk pekerjaan sedang (medium duty)
3. Untuk pekerjaan ringan (light duty)

Yang digolongkan pekerjaan ringan yaitu penggalian pasir, putih, lumpur dan sebagainya.

Pekerjaan sedang misalnya : galian tanah biasa, kerikil, batu, batu lepas dll. Pekerjaan berat : pekerjaan di quarry, tambang dan lain-lain.

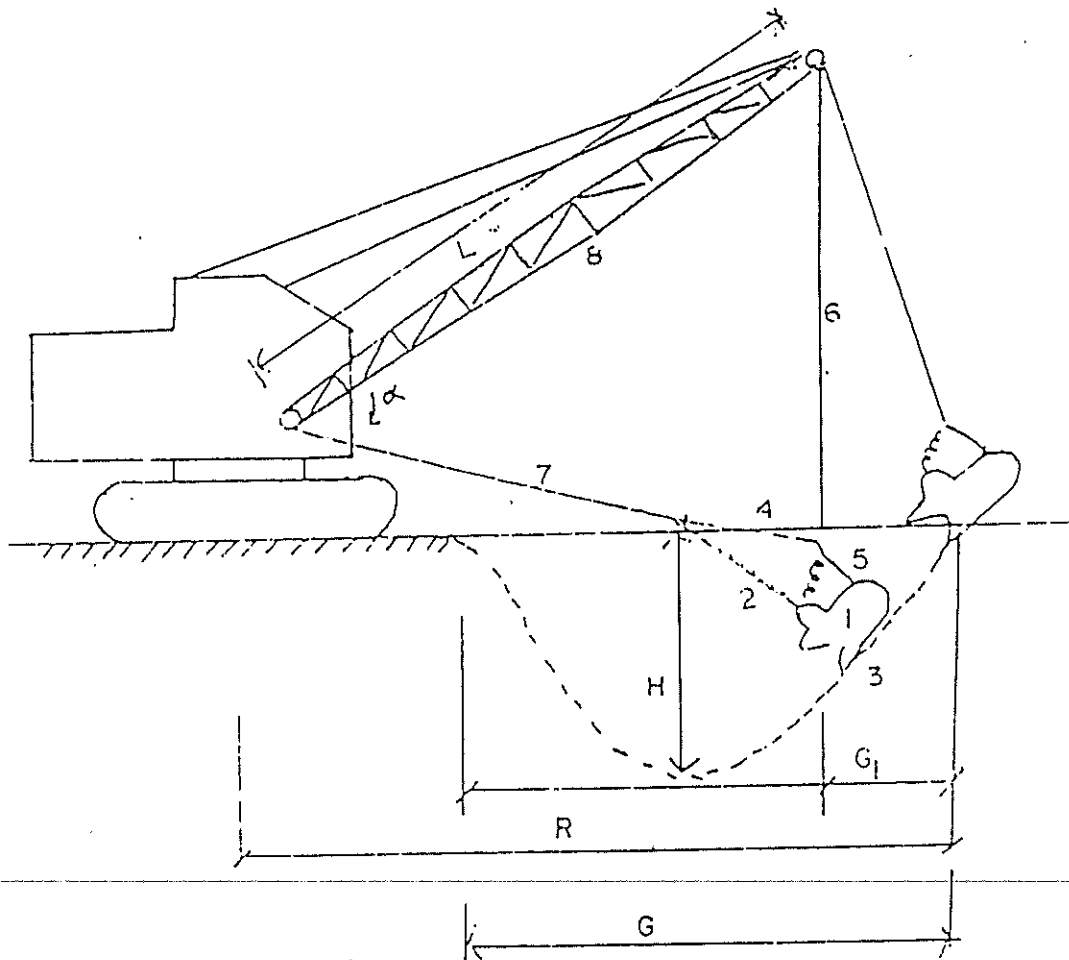
Ukuran bucket dibuat tiga macam untuk tujuan ketiga kondisi pekerjaan tersebut misalnya bucket dengan ukuran 1 m^3 pers (struck) :

- Untuk pekerjaan ringan beratnya 1,0 ton
- Untuk pekerjaan sedang beratnya 1,6 ton
- Untuk pekerjaan berat beratnya 2,3 ton

Ukuran bucket, panjang boom dan sudut kerja boom sangat berpengaruh pada kapasitas produksi dragline (lihat tabel 3.9).

Tabel 3.9. Kemampuan/daya angkat dgarline berdasarkan sudut kerja dan panjang boom.

	Panjang booms (ditambah extension)								
	12,5 m			20 m			25 m		
Sudut kerja boom	77°	60°	45°	77°	60°	45°	77°	60°	45°
Lebar galian tanpa lemparan (m)	4	8	10	6	11	15	7	14	19
Daya angkat (ton)	20	8	6	9	4	2,5	7	3	2



Gambar 3.15 Drag Line

- Keterangan :
- | | | |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| 1. Drag bucket | 5. Hoist chain | H. = Dalam galian |
| 2. Drag chain | 6. Hoist cable | R. = Jari-Jari Penggalian |
| 3. Gigi bucket | 7. Drag cable | C = Lebar galian |
| 4. Dump cable | 8. Crane boom | G ₁ = Jarak lempar |
| | | α = Sudut kerja |

Contoh :

Suatu penggalian (sedang) menggunakan dragline.

Jarak galian ke poros putar rata-rata : 15 m

Cycle time untuk gerakan tanpa lemparan : 30 detik

Cycle time untuk gerakan dengan lemparan : 50 detik.

Alternatif I.

Dipilih bucket ukuran 1 m^3 dengan berat 1.6 ton panjang boom 20 m sudut kerja 45°

Berat tanah 1 m^3 = 2,5 ton

Berat bucket = 1,6 ton

Jumlah = 4,1 ton

Ternyata dari tabel 3.9 terlihat kemampuan maximum = 2,5 ton jadi tidak bisa bekerja dengan kondisi tersebut. Maka harus kembali pada standart boom 12,5 m bekerja dengan sudut 45° dengan lemparan :

Daya angkat max = 6 ton

Cycle time = 50 detik

Kapasitas = $\frac{60}{50} \times 1,0 \text{ m}^3 = 1,2 \text{ m}^3/\text{menit}$

Alternatif II.

Dipilih bucket $0,6 \text{ m}^3$ dengan berat = 0,8 ton

Berat tanah = $0,6 \times 2,5$ = 1,5 ton

= 2,3 ton

Dipakai dengan panjang boom 20 m sudut bekerja 45° dengan daya angkat 2,5 ton.

Cycle time = 30 detik

Kapasitas produksi = $\frac{60}{30} \times 0,6 = 1,2 \text{ m}^3/\text{menit}$

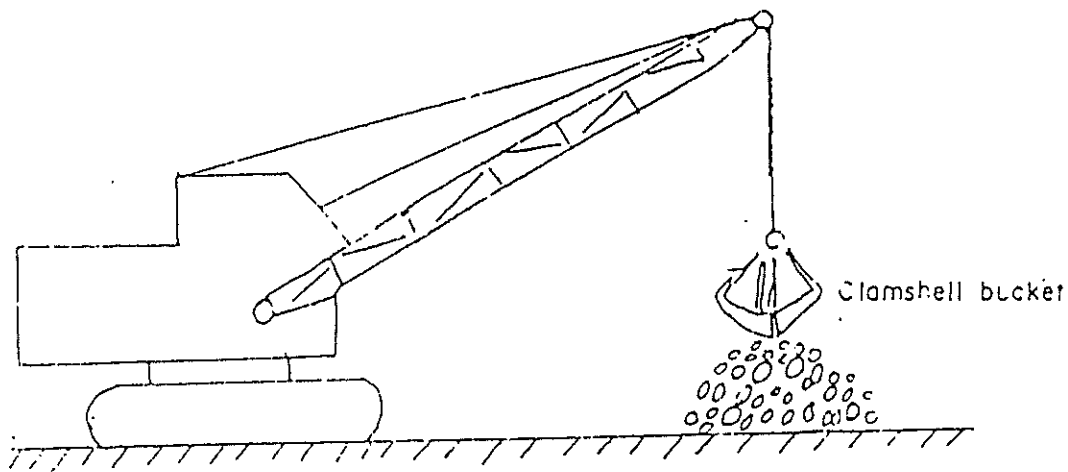
Ternyata hasilnya sama, tetapi dilihat cara kerja akan lebih menguntungkan alternatif II, karena :

- Cara kerja lebih mudah
- Bucket lebih kecil (lebih murah)
- Bucket lebih awet karena bekerja tanpa lemparan
- Operator tidak cepat lelah
- Kemungkinan membuat bucket munjung lebih mudah

Tindakan-tindakan yang bisa mempertinggi produksi dragline :

1. Memelihara gigi bucket tetap tajam
2. Menggali tanah lapis demi lapis
3. Kemiringan tebing galian kearah alat penggali
4. Tidak boleh membiarkan dragcable terseret di permukaan tanah
5. Mengangkat bucket segera setelah penuh

6. Bila beban berat, bekerja dengan sudut kerja besar
 7. Menghindarkan kabel mengendor
 8. Pada waktu mendaki boom diletakkan serendah-rendahnya
4. Clamshell.
- Dengan menggantikan drag bucket sebuah dragline dengan suatu clamshell bucket, maka akan mendapatkan alat yang disebut dengan Clamshell. Clamshell biasanya dipakai untuk mengambil (mengangkat) bahan lepas (mawur) seperti pasir, kerikil lumpur, batu pecah, batu bara. Clamshell bekerja dengan cara mengisi bucket, mengangkat tegak lurus dan dengan memutar lengan (boom) memindahkan bahan ke tempat lain.



Gambar 3. 16. Clamshell

Seperti halnya dragline clamshell mempunyai bucket bermacam-macam ukuran dan bermacam-macam konstruksi, tergantung dari macam pekerjaan yang dilaksanakan. Berat clamshell bucket juga sangat berpengaruh pada kemampuan produksi alat.

Contoh perhitungan :

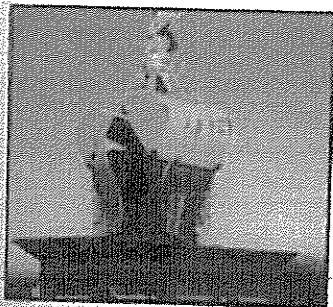
Perhitungan produksi clamshell suatu excavator P dan H model 255 A-LC dengan clamshell bucket $\frac{1}{2}$ cu yds, dipergunakan untuk memindahkan kerikil dari tanah ke dalam koper yang tingginya 30 feet diatas tanah dengan sudut 90° .

Spesifikasi crane adalah :

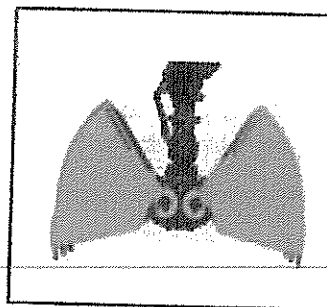
- Kecepatan angkat 150 ft pm
- Kecepatan putar 4 rpm



Gambar 3.16 a : Clamshell Melayani Batching Plant



A



**Gambar 3. 16.b : a. Wide Rehandling Clamshell Bucket
 b. Heavy-duty Clamshell Bucket**

Cycle time :

- Mengisi bucket = 8 detik
- Angkat muatan = 12 detik
- Putar 90° = 4 detik
- Dumping = 4 detik
- Putar kembali = 4 detik
- Waktu tetap (fixed time) = 10 detik
- Menurunkan bucket = 4 detik
- Total cycle time = 46 detik

Operating faktor (faktor kerja) = 40 menit/jam

Jumlah cycle per jam = $\frac{40 \times 60}{46} = 52$ kali

Isi bucket = 0,5 cu yds peres (struck)

= 0,7 cu yds munjung (heaped)

kapasitas produksi minimal = $0,5 \times 52 = 26$ cu yds/jam

kapasitas maximum = $0,7 \times 52 = 36$ cu yds/jam

D. ALAT PENGANGKUT

Alat angkut secara umum diartikan suatu alat yang berfungsi memindahkan suatu material dari suatu tempat ke tempat lain. Untuk pekerjaan besar alat angkut yang biasa dipakai antara lain :

- Truk (dump truck)
- Lori
- Wagon trailer
- Belt conveyer
- Dan lain-lain

Truck banyak dipakai alat angkut karena mempunyai daya mampu gerakan yang cepat, kapasitas tinggi dan pemeliharaan relatif murah. Dengan menggunakan truck mudah mengatur besarnya satuan angkut, dengan menambah atau mengurangi jumlah truck yang dioperasikan. Klasifikasi truck didasarkan pada :

- Ukuran dan macam mesin (HP dari diesel atau mesin bensin)
- Banyaknya gear (persenelling)
- Banyaknya roda gerak
- Susunan roda dan sumbu (gandar)
- Daya mampu angkut (m^3 atau ton)
- Dan lain-lain

Untuk pekerjaan pemindahan tanah, biasanya dipakai truck yang bisa menumpahkan muatannya sendiri (langsung diatur oleh pengemudi). Truck macam ini disebut dumptruck. Dumptruck dibuat dalam berbagai ukuran, dari yang berkapasitas 3 ton sampai 120 ton.

Bagian-bagian utama dari dumptruck :

1. Chassis yang meliputi, rangka (frame), bumper, pegas roda dan ban
2. Cabin untuk tempat pengemudi
3. Badan (body) yang meliputi bak muatan dan alat pengangkatnya
4. Power train, meliputi mesin, kopling, transmisi dll.

Kapasitas muatan dump truck dinyatakan dalam beberapa cara :

- Ukuran volume peres (struck, m^3)
- Ukuran berat (ton)
- Ukuran volume munjung (heaped, m^3)

1. Dalam memilih suatu ukuran dump truck harus diperhatikan untung rugi dari masing-masing ukuran.

Sifat-sifat dump truck kecil :

- a. Lebih mudah mengemudikan dan lebih fleksibel dalam mengangkut untuk jarak dekat.
- b. Kecepatan lebih besar
- c. Berkurangnya produksi tidak terasa bila sudah satu dump truck macet.
- d. Mudah menyesuaikan jumlahnya dengan kemampuan alat pemuat yang dipakai
- e. Agak menyulitkan alat pemuat dalam operasinya
- f. Waktu hilang dari alat pemuat lebih besar
- g. Lebih banyak pengemudi
- h. Pemeliharaan dan investasi lebih mahal

Sifat-sifat dump truck besar :

- a. Unit yang digunakan lebih kecil sehingga pemeliharaan dan investasi lebih kecil
- b. Sopir (pengemudi) lebih sedikit
- c. Baik untuk angkutan jarak jauh
- d. Lebih mudah memuatnya, dan waktu yang hilang kecil
- e. Perlu alat memuat yang besar
- f. Memerlukan pemeliharaan jalan kerja lebih besar
- g. Bila harus lewat jalan umum, kemungkinan ada pembatasan muatan.

2. Perhitungan kapasitas produksi dump truck

Untuk menghitung kapasitas produksi per jam dump truck dengan kemampuan muat tertentu perlu diperhitungkan beberapa hal berikut :

- a. Perkiraan cycle time (out)

Cycle time truck terdiri dari faktor-faktor berikut :

1. Waktu pemuatan
2. Waktu pengangkutan
3. Waktu siap untuk menumpah (dumping) dan waktu dumping sendiri
4. Waktu kembali
5. Waktu menunggu kepada posisi untuk dimuat lagi.

Waktu pemuatan (loading time) = T_l

$$T_l = \frac{C_d \cdot K \cdot C_{mt}}{q_l}$$

Dimana :

C_d = Kemampuan muat dump truck
 q_l = Kapasitas bucket loader
 K = Faktor bucket
 C_{mt} = Cycle time loader tiap sekali muat.

Waktu pemuatan (hauling time) = T_h

$$T_h = \frac{D}{V_l}$$

Dimana :

D = Jarak angkut
 V_l = Kecepatan rata-rata saat penuh muatan

Waktu menunggu (waiting time) = T_d

Dimana bisa diperkirakan dan ini tergantung dari lokasi penumpahan.

Waktu kembali (returning time) = T_r

$$T_r = \frac{D}{V_2}$$

Dimana :

D = Jarak angkut
 V_2 = Kecepatan kembali pada saat dump truck kosong.

Waktu menunggu (waiting time) = T_w

Diperkirakan dan juga tergantung dari keadaan lokasi pemuatan.

Disini terlihat bahwa T_l , T_d , dan T_w tidak tergantung dari dump trucknya, dan waktu yang diperlukan relatif kecil, sedangkan T_l dan T_r sangat bervariasi besarnya, yaitu tergantung dari jarak angkut dan kecepatan dump truck tersebut. Kecepatan dump truck sangat tergantung dari medan kerja, yaitu kondisi jalan, tanjakan, penurunan dan lain-lain, maka ini hanya bisa diperkirakan di tempat pekerjaan. Sebagai gambaran dan tujuan keamanan perhitungan pada kondisi jalan yang terawat cukup, maka kecepatan maximum suatu dump truck bisa diambil seperti pada tabel 3,10. Tetapi hal inipun masih tergantung dari macam alat, kondisi pemeliharaan dan lain-lain.

b. Perkirakan jumlah dump truck.

Jumlah dump truck dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$M = \frac{\text{Cycle time dari dump truck}}{\text{Waktu pemuatan}} = \frac{C_{mt}}{T_1} = \frac{C_{mt}}{n \cdot C_{m_1}}$$

Dimana :

n = Jumlah pemuatan

C_{m_1} = Cycle time loader setiap pemuatan

C_{mt} = Cycle time dump truck

c. Perkirakan produksi dump truck

Jumlah produksi per jam dump truck bila bekerja terus menerus adalah :

$$P = \frac{C \times 60 \times E_t \times M}{C_{mt}}$$

Dimana :

P = Produksi per jam

C = Produksi per cycle

E_t = Efisiensi dump truck

C_{mt} = Cycle time

M = Jumlah dump truck

Sebagai gambaran dan tujuan keamanan pada kondisi jalan yang cukup terawat kecepatan maximum dump truck bisa dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3 : 10 Pengaruh Kemiringan

	Rata		Mendaki		Menurun	
Kecepatan	Muat	Kosong	Muat	Kosong	Muat	Kosong
	30 km/jam	50 km/jam	20 km/jam	40 km/jam	20 km/jam	40 km/jam

3. Contoh soal

Dump truck Komatsu HD 200 bekerja bersama-sama dengan wheel loader komatsu W 170, mengangkut tanah timbunan sejauh 500 m. hitung kapasitas produksi per jam dari dump truck tersebut. Kondisi pekerjaan untuk dump truck :

- Kondisi jalan : 400 m rata, 100 m tanjakan
- Jenis tanah : lempung pasir
- Efisiensi kerja : 0,75
- Kapasitas muat : 20.000 kg = 20 ton
- Kapasitas loader : 3,9 m³

Pemecahan :

- a. Faktor kembang dari tanah : 1,25 (lempung pasir)
 Berat volume tanah asli : $1,70 \text{ ton/m}^3$
 Jadi berat volume tanah lepas = $1,70 : 1,25 = 1,36 \text{ ton/m}^3$
 Banyaknya loader memuat untuk satu dump truck = n
 $n = \text{Isi dump truck dibagi (volume bucket x faktor x berat isi)}$
 $n = 20 : (3,9 \times 0,9 \times 1,36) = 4,2 \text{ (dibulatkan 4)}$
 jadi muatan dump truck = $4 \times 3,9 \times 0,9 \times 1,36 = 19,1 \text{ ton}$.

- b. Cycle time :

Pada waktu muat $V_1 = 0,6 \times 30 = 18 \text{ km/jam (rata/datar)}$
 $V_1 = 0,6 \times 20 = \text{km/jam (naik/mendaki)}$
 Pada waktu kosong $V_2 = 0,8 \times 50 = 49 \text{ km/jam (rata)}$
 $V_2 = 0,8 \times 32 = 32 \text{ km/jam (naik)}$

$T_l = 4 \times \text{waktu sekali muat (diperkirakan 0,6 menit)}$
 $= 4 \times 0,6 = 2,4 \text{ menit}$

$T_h = \left(\frac{400}{18.000} + \frac{100}{12.000} \right) \times 60 = 0,8 \text{ menit}$

$T_r = \left(\frac{100}{32.000} + \frac{400}{40.000} \right) \times 60 = 0,8 \text{ menit}$

$T_d = 1,2 \text{ menit (diperkirakan)}$

$T_w = 0,5 \text{ menit (diperkirakan)}$

Cycle time = $T_l + T_h + T_r + T_d + T_w = 6,7 \text{ menit}$.

- c. Perkiraan jumlah dump truck

$M = \frac{\text{Cycle time dump truck}}{\text{Loading time}} = \frac{6,7}{2,4} = 2,8$

Bila efisien kerja loader 0.83

$M = \frac{2,8}{0,83} = 3,3$

Pada kenyataanya diambil jumlah dump truck = 3 buah

- d. Perkiraan produksi dump truck

$P = \frac{C \times 60 \times E_c \times M}{Cmt} = \frac{19,1 \times 60 \times 0,75 \times 3}{6,7}$
 $= 384,8 \text{ ton} = \frac{384,8}{1,36} = 283 \text{ m}^3/\text{jam (lepas)}$

E. MOTOR GRADER

1. Bagian-bagian dari motor grader (lihat gambar)

Circle adalah tempat grader blade berpegangan dan sekaligus sebagai pengendali dari grade blade dalam pengaturan gerakan-gerakan.

Motor grader adalah suatu alat khusus untuk membentuk permukaan dengan baik. Kedudukan blade, digantungkan pada drawbar dari lifftarm (lihat gambar). Untuk dilengkapi dengan alat semacam ripper pada bulldozer yang dinamakan Scarifier yang bisa dipasang di depan blade bisa dikendalikan sendiri.
2. Gerakan-gerakan grader blade.

Karena fungsi untuk membentuk permukaan maka kedudukan grader blade harus bisa diatur sesuai dengan kedudukan yang diinginkan. Untuk menunjang fungsinya ini gerakan-gerakan pokok grader blade ada tiga macam.

 - a. Gerakan "Angkling"

Yaitu gerakan yang memberikan dan kedudukan serong kepada blade serong kepada blade terhadap arah gerak kendaraan. Hal ini bisa dilakukan dengan menggerakkan circle berputar ke kiri atau ke kanan sesuai kedudukan blade yang dikehendaki, dimana blade berkedudukan kokoh sekali pada circle ini. Tujuan dari pada gerakan ini mendorong tanah agar bisa lari ke samping.
 - b. Gerakan "Side Shift"

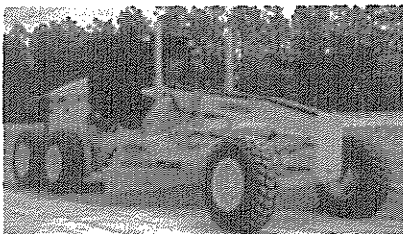
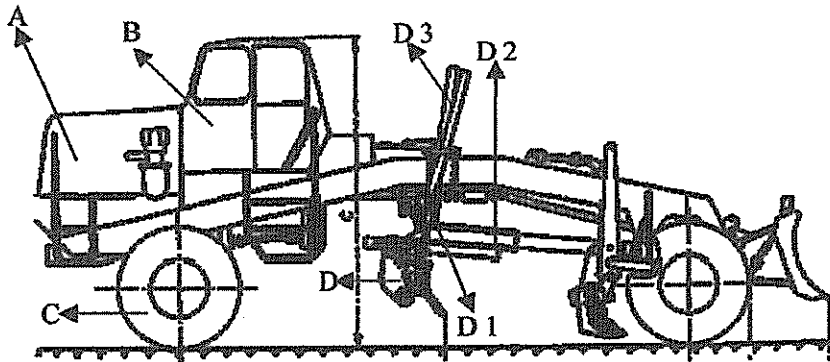
Gerakan ini bertujuan memberi kedudukan blade di samping poros kendaraan, yaitu untuk mengerjakan (meratakan) permukaan, dimana tidak boleh diinjak oleh roda kendaraan. Jarak maksimal side disebut reach.
 - c. Circle lift

Yaitu gerakan naik turunnya circle dalam arah vertical, di sebelah kiri, kanan maupun bersama-sama. Gerakan ini dikendalikan oleh lifftarm sendiri-sendiri atau bersama-sama kiri dan kanan. Bila digerakkan bersama-sama, kebawah akan memberi tekanan pada blade untuk bisa menggali (memotong) permukaan. Bila digerakkan sebelah kanan memberikan kedudukan miring pada grader blade. Gerakan ini bisa memberikan kedudukan blade $0-90^{\circ}$ dengan garis horinzontal, baik sebelah kiri maupun kanan.

Tiga gerakan pokok grader blade ini bisa dikerjakan dalam saat yang bersamaan.
3. Fungsi dan penggunaan motor grader
 - a. Membentuk permukaan (grading)

Dari gerakan-gerakan yang dimungkinkan oleh grader blade maka motor grader bisa membentuk permukaan yang rata, baik horizontal, miring sampai yang merupakan tebing.

- b. Memotong permukaan
pada keadaan tertentu motor grade mampu mengerjakan pekerjaan pemotongan tanah. Bila keadaan tanah (permukaan) cukup keras maka terlebih dahulu permukaan tersebut dibongkar dulu dengan menggunakan Scarifier. Kemudian baru dipotong/diratakan dengan grader blade.



Meratakan Permukaan



Menggosur Tanah Kesamping



Meratakan Tebing

Gambar 3.17. Motor Grader

Keterangan :

- a = Kendaraan sebagai tempat power supply
- b = Sistim kendali (controlled system)
- c = Undercarriage (roda)
- d = Grader Blade

- d_1 = Circle
- d_2 = Drawer
- d_3 = Lift arm

c. Menggali saluran tepi (side ditch)

Dengan menempatkan kedudukan grader blade disisi kendaraan dan agak serong ke depan yang memungkinkan hasil galian terangkat keluar saluran. Saluran yang digali dengan grader biasanya berbentuk 'V', dan kedalamannya tidak terlalu besar. Bila menginginkan kedalaman yang cukup harus dilakukan beberapa pass.

d. Mengatur tanah timbunan (spreading)

Untuk pekerjaan ini pemakaian grader sangat tepat, karena di samping didapat produksi yang besar juga permukaan yang rata. Bahkan bisa juga menggosur material-material seperti batu pecah, campur aspal, karena blade bisa diatur agar supaya permukaan bekas tidak terinjak oleh grader.

4. Perhitungan Produksi Motor Grader

Karena fungsinya yang bermacam-macam, maka ada beberapa cara menghitung produksi motor grader. Demikian pula kapasitas produksi motor grader sangat tergantung dari pada pekerjaan yang dilaksanakan.

a. Menghitung produksi pekerjaan persatuan luas

Rumus =

$$QA = \frac{V \times (Le - Lo) \times E}{n}$$

Dimana :

QA = Produksi per jam (m^2/jam)

V = Kecepatan kerja (m/jam)

Le = Panjang efektif blade (m)

Lo = Lebar overlap (m)

E = Efisiensi kerja

n = Jumlah lintasan untuk 1 kali perataan

1. Kecepatan kerja

Kecepatan kerja dari motor grader tergantung dari macam pekerjaan yang dilaksanakan misalnya :

- | | |
|-----------------------|------------------|
| - Perbaikan jalan | 2,0 – 6,0 km/jam |
| - Menggali saluran | 1,6 – 4,0 km/jam |
| - Meratakan tebing | 1,6 – 2,6 km/jam |
| - Meratakan permukaan | 2,0 – 8,0 km/jam |
| - Memotong permukaan | 1,6 – 4,0 km/jam |

2. Panjang efektif blade dan lebar overlap blade

Selama pisau membentuk sudut pada waktu pemotongan atau peralatan selalu tetap, maka panjang pisau (blade) tergantung pada sudut kerja tersebut. Lebar overlap blade biasanya kurang lebih 0,30 m, berikut ini bisa memberikan gambaran besarnya Le dan Lo dipakai dalam perhitungan. (lihat tabel 3.11.)

3. Efisiensi kerja

Efisiensi kerja tergantung dari kondisi lapangan, operator dan pemeliharaan mesin. (lihat tabel diatas).

b. Menghitung volume pekerjaan per jam operasi

Ini sangat tergantung dari macam pekerjaan yang dikerjakan.

Misalnya :

Tabel 3.11. Besarnya Le dan Lo untuk dipakai dalam perhitungan

Model		GD22AC	GD31RC	GD50OR	GD60OR	GD60OR
Panjang (mm)		2200	3100	3710	3710	4010
Le-Lo (mm)	Sudut kerja blade 60°	1630	2390	2910	2910	3170
	Sudut kerja blade 45°	1260	1890	2320	2320	2540

1. Pekerjaan pemotongan permukaan.

Kapasitas per jam adalah tergantung dari tebalnya lapisan yang bisa dipotong setiap kali pemotongan. Jadi

Volume pekerjaan = luas x tebal pemotongan (biasanya antara 5-10 cm)

2. Pekerjaan leveling (penaburan timbunan)

Kapasitas pekerjaan (volume/jam) tergantung daripada tebalnya lapisan yang ditaburkan, dimana ini sangat tergantung dari jenis materialnya.

Volume pekerjaan = luas x tebal lapisan.

c. Menghitung waktu yang diperlukan setiap luas tertentu

Rumus =

$$T = \frac{N \times D}{V \times E}$$

Dimana :

T = Waktu-pelaksanaan-(jam)

N = Jumlah lintasan

D = Jarak kerja (km)

V = Kecepatan kerja (km/jam)

E = Efisiensi kerja

1. Jumlah lintasan (N)

Rumus :

$$N = \frac{W}{Le-Lo} \times n$$

Dimana

W = Lebar yang harus diratakan

Le = Panjang efektif blade

L0 = Lebar overlap

n = Jumlah lintasan yang diperlukan untuk menyelesaikan permukaan sehingga betul-betul rata.

2. Contoh :

Hitung waktu yang diperlukan untuk memperbaiki jalan kerikil dengan lebar 9 meter dan jarak kerja 10 km. Alat yang digunakan GD-600 R motor grader dengan peralatan satu kali lintasan dengan kondisi mesin dan operator baik.

Pemecahan :

$$N = \frac{W \times n}{Le - l_0} \dots \dots \dots \text{diambil sudut kerja } 60^\circ$$

$$N = \frac{9}{2,91} \times 1$$

$$N = 3,09 = 3$$

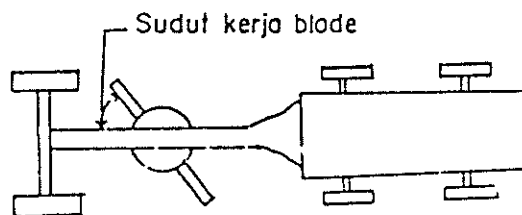
Kecepatan kerja V = 4 km/jam

Maka :

$$T = \frac{N \times D}{V \times E}$$

$$T = \frac{3 \times 10}{4 \times 0,47}$$

$$T = 10 \text{ jam.}$$



F. SCRAPER

Scraper adalah suatu alat untuk pekerjaan pemindahan tanah yang mempunyai fungsi ganda antara lain :

- Untuk pekerjaan pemotongan
- Untuk pekerjaan pemuatan
- Untuk pekerjaan pengangkutan
- Untuk pekerjaan peralatan timbunan

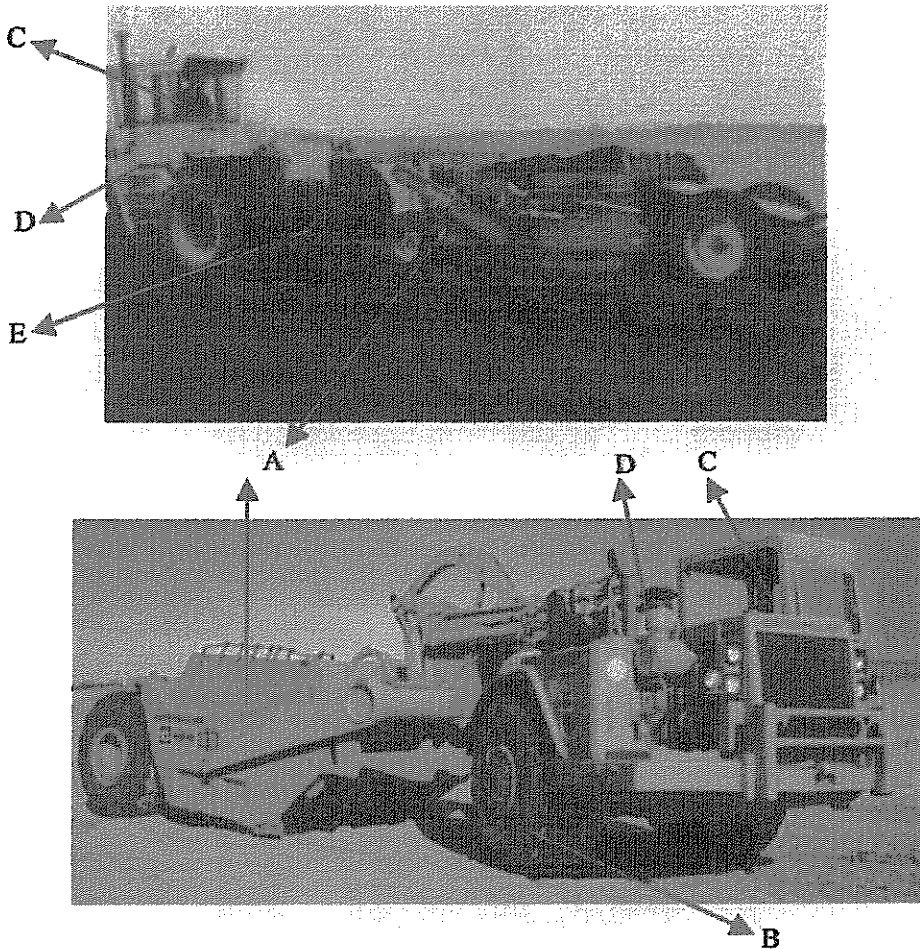
Karena kemampuannya yang bermacam-macam tersebut tentulah tidak akan sempurna dari alat yang khusus untuk satu macam pekerjaan. Misalnya :

- Untuk pekerjaan memotong hanya terbatas untuk tanah yang tidak keras dan tidak berbatu, dan biasanya pada medan yang sudah rata dan bersih.
- Untuk pekerjaan memuat hanya khusus untuk dirinya saja, karena scraper tersebut, memotong tanah langsung dimasukkan kedalam "Bowl" (bak penampung tanah)
- Untuk alat angkut tidak bisa dalam kecepatan tinggi, sehingga hanya sesuai untuk jarak yang tidak terlalu jauh.
- Untuk perawatan tidak sebaik grader.

1. Macam dan jenis Scraper serta bagian-bagiannya

a. Towed scraper

Adalah suatu scraper dimana penggeraknya terpisah (lihat gambar 3.18)



Gambar 3.18. Scraper

Keterangan :

A = Bowl

B = Roda

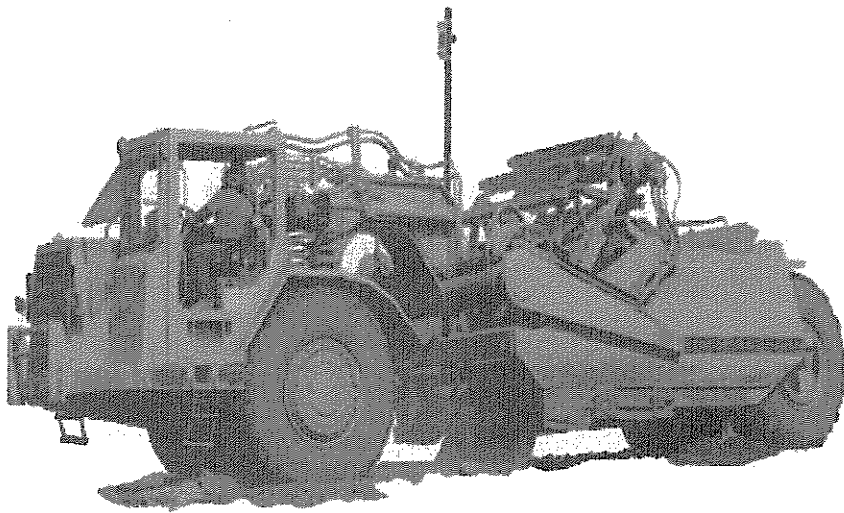
C = Kendali yang dibutuhkan dengan mesin

D = Traktor

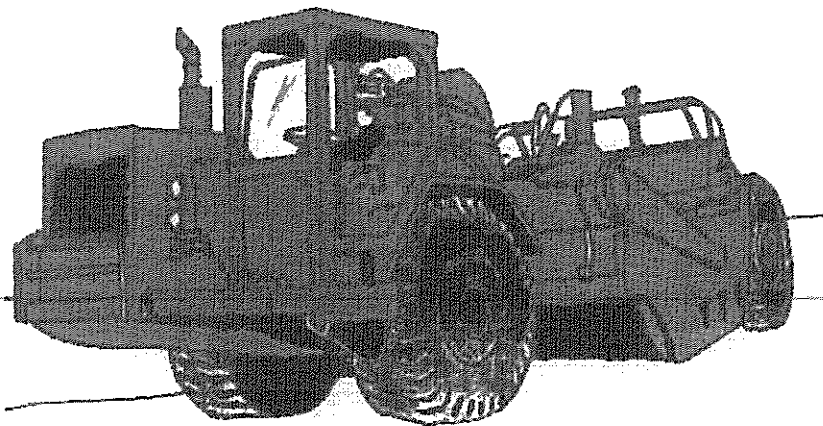
E = Penarik

b. Motor Scraper

Perbedaan prinsip dengan towed scraper hanya pada mesin penggeraknya yaitu pada motor scraper ini menjadi satu dengan alatnya.



Gambar. 3.18. a : Scraper dengan Penarik Traktor Beroda Dua



Gambar 3.18. b : Scraper

2. Cara bekerjanya Scraper

a. Memotong, memuat.

Mula-mula bowl diturunkan sehingga pisau scraper masuk kedalam tanah. Alat dijalankan sehingga pisau tersebut bisa memotong tanah dimana hasil galian tersebut langsung masuk kedalam bowl. Scraper terus berjalan sampai bowl penuh.

b. Mengangkut dan menabur

Setelah penuh bowl dinaikkan kembali sehingga mulut bowl tertutup, dan scraper berjalan menuju tempat yang akan ditimbun, atau tempat pembuangan tanah sampai tempat yang ditimbun, bowl diturunkan dan mulut scraper dibuka sehingga pisau mencapai ketinggian yang diinginkan (tebal lapisan timbunan tertentu). Kemudian sambil berjalan tanah ditumpahkan, sehingga didapatkan permukaan yang rata dan tebal lapisan yang diinginkan. Setelah isi bowl habis scraper kembali lagi ke empat pengambil tanah.

3. Menghitung produksi scraper

Rumus Umum :

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

Dimana :

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

q = Produksi scraper per cycle (m^3)

Cm = Cycle time

E = Efisiensi kerja

a. Kapasitas bowl (q)

$$q = q_1 \times K$$

Dimana :

q_1 = Kapasitas (isi) munjung dari pada bowl

K = Faktor pemuatan yang tergantung dari pada jenis tanah yang dimuat.

Tabel. 3.12. Harga faktor pemuatan terhadap jenis material

Jenis material	Pasir	Pasir lempung	Lempung	Pasir kerikil
Faktor pemuatan (K)	0,90	0,80	0,70	0,65

b. Cycle time (cm)

Cycle time adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu kali pekerjaan pemotongan, pemuatan, pengangkutan dan penaburan. Cycle time terdiri dari :

1. Waktu muat (loading time)
Waktu untuk memotong dan memuat
2. Waktu tetap (fixed time)
Waktu untuk memutar dan pindah gigi (gear)
3. Waktu tidak tetap (variable time)
Waktu mengangkut muatan
Waktu kembali (kosong)
4. Waktu menabur (spreading time)

c. E (efisien kerja)

Bisa dilihat pada tabel alat-alat sebelumnya

4. Contoh soal

Suatu scraper dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kecepatan alat : 6 km/jam pada gigi I

3,80 km/jam pada gigi II

4,51 km/jam pada gigi III

6,45 km/jam pada gigi IV

10,00 km/jam pada gigi V

Isi munjung (heaped) bowl = 15 m^3 (loose)

Panjang pisau = 2,50 m

Bekerja untuk tanah lempung pasir dengan faktor kembang 1,20

Kemampuan menggali 10 cm

Tebal timbunan tiap lapisan = 20 cm

Bila dia bekerja 45 menit tiap jam dan kondisi operator maupun mesin bagus, hitung kapasitas kerja tiap jam, bila jarak angkut = 500 m

Pemecahan :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E \times 45}{Cm \quad 60}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } q &= q_1 \times K \\ &= 15 \times 0,8 \\ &= 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung cycle time (cm)

1. Waktu pemuatan

Tebal galian = 0,1 m, lebar galian = 2,50 m

Volume tiap m galian = $1 \times 0,1 \times 2,5 = 0,25 \text{ m}^3$ bank

= $1,20 \times 0,25 = 0,30 \text{ m}^3$ loose

panjang galian untuk mengisi bowl : $\frac{12 \text{ m}^3}{0,30} = 40 \text{ m}$

Kecepatan menggali pada gigi I = $0,8 \times 2,36 = 1,89 \text{ km/jam}$

Waktu muat = $40 \times 60 = 1,27 \text{ menit}$

2. Waktu transport

Kecepatan mengangkut diperkirakan memakai gigi IV =

$$0,8 \times 6,45 = 5,16 \text{ km/jam}$$

$$\text{Waktu transport} = \frac{500 \times 60}{5160} = 5,81 \text{ menit}$$

3. Waktu menabur (spreading time)

Pada pekerjaan menabur diperkirakan pakai gigi II dengan kecepatan =

$$0,8 \times 3,80 = 3,04 \text{ km/jam}$$

$$\text{jarak penaburan} = \frac{12 \text{ m}^3}{0,2 \times 2,5} = 24$$

$$\text{Waktu menabur} = \frac{24 \times 60}{3040} = 0,79 \text{ menit}$$

4. Waktu kembali

Diperkirakan memakai gigi V dengan kecepatan = $0,8 \times 10 = 8 \text{ km/jam}$

$$\text{Waktu kembali} = \frac{500 \times 60}{8000} = 3,75 \text{ menit}$$

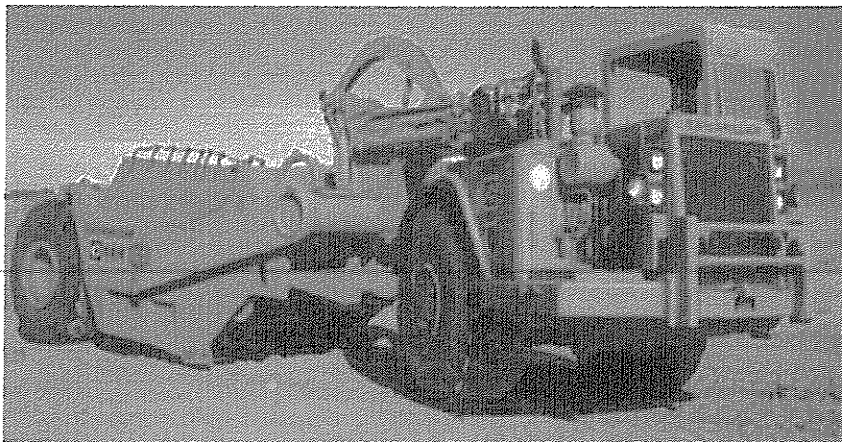
5. Waktu tetap (fixed time)

Diperkirakan total fixed time = 2 menit

$$\text{Jadi total } C_m = 1,27 + 5,81 + 0,79 + 3,75 + 2 = 14,10 \text{ menit}$$

c. Efisiensi kerja (E) = 0,75 (untuk kondisi mesin dan operasi bagus)

$$\begin{aligned} \text{Maka } Q &= \frac{q \times 60 \times E \times 45}{C_m \times 60} \\ &= \frac{12 \times 60 \times 0,75 \times 45}{14,10 \times 60} \\ &= 28,7 \text{ m}^3/\text{jam (lepas)} \end{aligned}$$



Gambar 3.18.b : Scraper dengan Penarik Traktor Roda Ban

ALAT PEMADAT (Compactor)

Stabilitas bagian-bagian konstruksi merupakan hal yang penting demi kelangsungan penggunaan konstruksi tersebut.

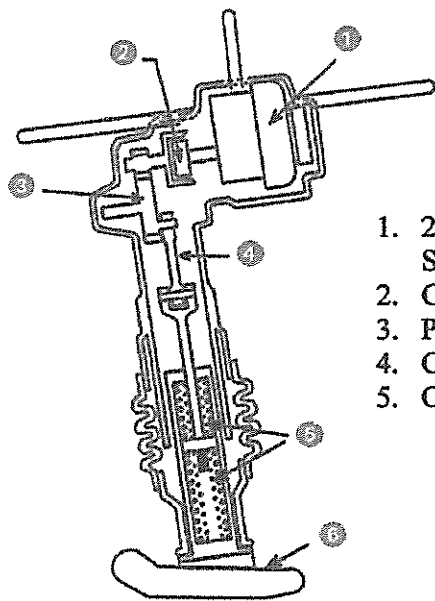
Pada pekerjaan jalan dan landasan pesawat terbang, bagian-bagian konstruksi terdiri atas lapisan-lapisan dari material yang berbeda-beda. Di sini stabilitas dari tiap-tiap lapisan merupakan keharusan mutlak yang tidak bisa ditinggalkan, usaha untuk ini biasanya dilakukan dengan mesin-mesin pemadat. Kesempurnaan stabilitas lapisan biasanya hanya bisa dicapai dengan menggunakan mesin-mesin tertentu. Maka karena bermacam ragamnya material tiap lapisan dari pekerja berbagai jenis alat pemadat.

Jenis alat pemadat

Berdasarkan bentuk ada dua macam alat pemadat (compactor)

a. Plate compactor.

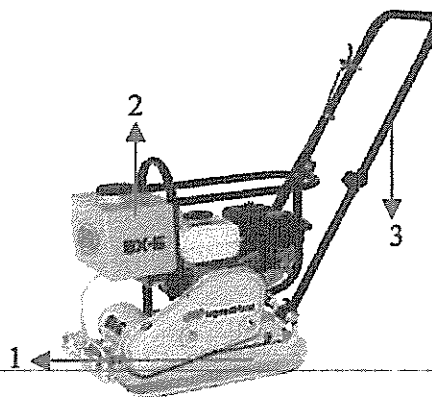
Berukuran kecil dan bekerjanya dengan menggetarkan suatu plat logam.



1. 2-Cycle Engine With Silencer
2. Centrifugal Clutch
3. Power Transmission Gears
4. Connecting Rod
5. Oil-lubricated spring

1). Manually operated rammer

Gambar. 3.19. Plate Compactor



2). Self-propelled vibro plate

1. Plat logam yang berhubungan dengan material yang akan dipadatkan.
2. Mesin penggetar yang berfungsi menggetarkan plat logam
3. Alat pemegang

Alat ini banyak digunakan untuk pemadatar di tempat-tempat yang sempit. Misalnya timbunan pada lantai bangunan gedung, timbunan di belakang konstruksi/pasangan untuk pengisian di antara pasangan dan dinding galian (back fill), tanggul-tanggul saluran yang sempit dan lain-lain.

b. Rolling compactor (Roller/mesin gilas/wals)

Jenis ini berukuran lebih besar dari plate compactor. Namun demikian karena berbagai kebutuhan baik teknis maupun ekonomis jenis ini masih terbagi dalam bermacam-macam type dan ukuran.

Klasifikasi Roller dilakukan atas berbagai dasar :

1. Berdasarkan mesin penggeraknya.
 - a. Towed roller (mesin gilas yang ditarik)
 - b. Self propelled roller (mesin gilas yang dapat bergerak sendiri)
2. Berdasarkan bahan pemuat roda penggilasnya
 - c. Steel wheel roller (mesin gilas beroda baja)
 - d. Pneumatic tire roller (mesin gilas beroda dan karet)
3. Berdasarkan permukaan rodal penggilasnya :
 - e. Plain Roller (mesin gilas dengan roda halus)
 - f. Sheepfoot roller (mesin gilas dengan roda halus)
 - g. Segment roller (mesin gilas dengan permukaan bersegment)
 - h. Grid roller (mesin gilas dengan permukaan bersegment)
4. Berdasarkan permukaan roda penggilasnya :
 - i. Three wheel roller (mesin gilas beroda tiga)
 - j. Tandem roller (mesin gilas dengan as roda depan dan belakang)

2. Kegunaan

a. Mesin gilas

Mesin ini merupakan jenis yang tertua yang sampai sekarang masih dipergunakan.

Jenis ini biasa dipakai untuk pemadatan permukaan yang kasar misalnya :

- 1). Lapisan timbunan pasir kerikil (sirtu).
- 2). Lapisan perkerasan macadam.
- 3). Lapisan perkerasan batu pecah.



Gambar 3.20.a. : Self-Propelled Sheep's-Foot Roller



Gambar 3.20. b. : Self-Propelled Segmented Roller

Karena susunan rodanya yang tiga titik, menyebabkan tidak terlalu terpengaruh oleh ketidak rataan permukaan, mengingat roda-roda tersebut tetap akan terletak pada satu bidang.

Mengingat permukaan roda belakang yang kecil, maka memungkinkan bisa dicapai kepadatan yang lebih cepat.

b. Tandem Roller.

Untuk permukaan-permukaan yang halus biasanya dipakai Tandem Roller, permukaan rodal yang lebih luas menyebabkan pemadatan berlangsung sedikit demi sedikit.

Karena rodanya yang hanya dua, maka kestabilannya tidak sebaik three wheel roller. Maka jenis ini kurang sesuai untuk permukaan yang tidak rata serta untuk lapisan-lapisan dengan ukuran butiran yang besar.

Jenis ini banyak dipakai untuk pemadatan lapisan aspal, beton. Untuk penggilasan permukaan biasanya dipakai ukuran besar.

Untuk suatu pekerjaan yang mensyaratkan kepadatan yang tinggi, kadang-kadang harus dipakai tandem roller dengan berat sampai 14 ton, bahkan untuk landasan pesawat terbang sering harus memakai three axle tandem roller, yaitu tandem roller yang beroda tiga bersusun menjadi tiga as dari depan, tengah dan belakang.

c. Pneumatic tire roller

Roda penggilas terdiri dari roda ban karet dipompa (pneumatic) dengan permukaan halus.

Susunan roda-roda dibuat sedemikian rupa sehingga jalur yang dilewati roda depan jatuh di antara roda-roda belakang dan sebaliknya.

Tekanan roda pada permukaan yang akan dipadatkan dapat diatur dengan tekanan udara di dalam ban. Karena mudahnya pengaturan tekanan roda pada permukaan yang akan dipadatkan, maka roller jenis ini banyak dipakai untuk pemadatan tanah timbunan :

- Timbunan pasir kerikil.
- Pemadatan lapisan aspal beton, terutama untuk intermediate rolling (penggilasan lanjutan).

Jenis ini tidak bisa dipakai untuk penggilasan pada lapisan perkerasan yang mempunyai butiran-butiran yang besar dan tajam, karena roda ban akan cepat rusak seperti koyak dan aus.

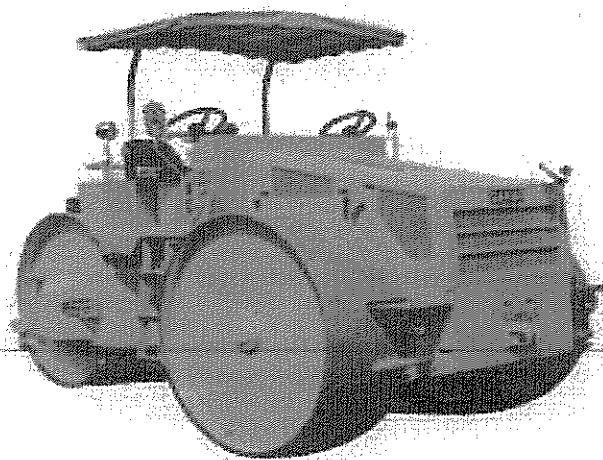
d. Sheep foot roller.

Roller jenis ini mempunyai bagian utama sebuah drum yang disekelilingnya dipasang kaki-kaki sedemikian rupa tekanan roller dapat dipusatkan pada ujung kaki-kaki tersebut. Karena ujung-ujung tersebut mempunyai bidang yang kecil. Maka tekanan pada permukaan menjadi tinggi.

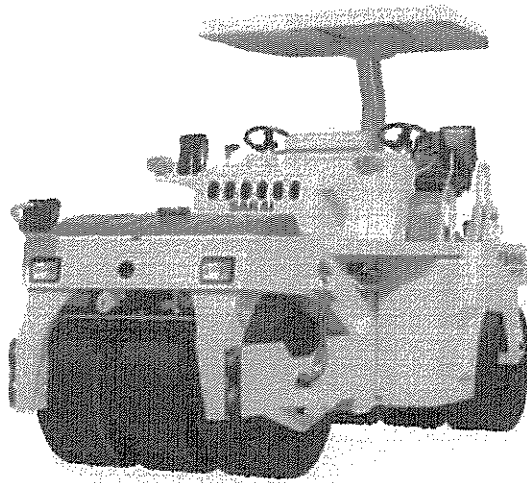
Pada waktu ditarik kaki-kaki ini masuk sampai pada lapisan tanah sehingga dinding drum terletak pada permukaan, dan memberikan pemadatan sementara pada permukaan tanah serta bisa membuat bidang yang rata. Pemadatan yang sebenarnya terjadi pada ujung kaki roller.



Gambar. 31.a. : Two-Wheel Tandem Roller



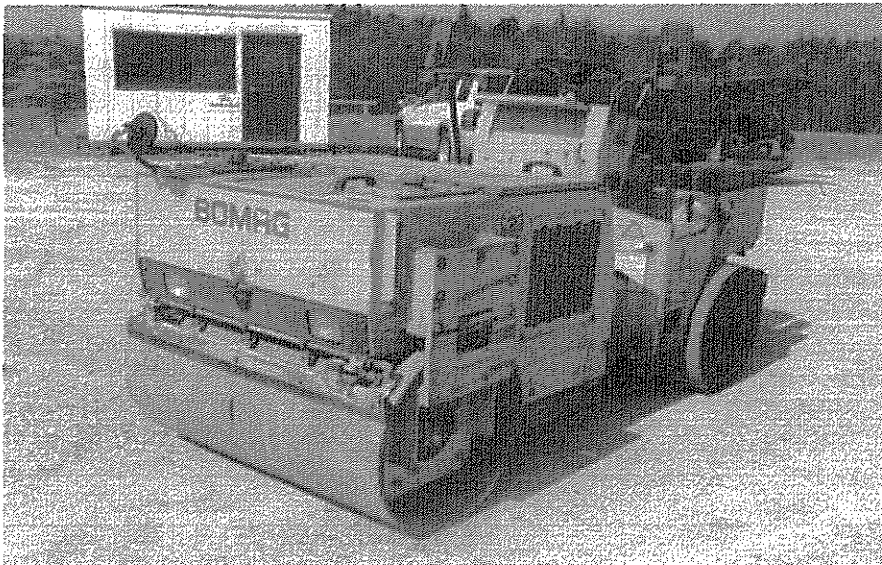
Gambar 3.21. b : Three-Wheel Two-Axle Roller



Gambar 3.22. : Pneumatic-Tired Roller



Gambar 3. 23. : Towed-Type Vibrating Sheep-Foot Roller



Gambar 3. 24. : Vibrating Drum-Type Roller

Pada lintasan berikutnya harus diusahakan agar kaki-kaki roller tidak masuk lagi pada lubang-lubang sebelumnya, tetapi harus jatuh pada permukaan, dan lubang bisa terisi oleh tanah yang lepas. Demikian seterusnya cara pemadatan dengan sheep foot roller, sehingga kepadatan yang tinggi bisa dicapai dalam waktu yang singkat.

e. Segment Roller.

Pada prinsipnya fungsi dari segmet sama dengan laki-laki pada sheep food roller, hanya disini tidak bisa mencapai kedalaman seperti pada sheep foot roller.

f. Grid Roller

Jenis ini biasanya dipakai untuk menggilas timbunan yang mempunyai bongkah-bongkah yang keras. Kotak-kotak dari pada grid roller akan memecah bongkah-bongkah tadi menjadi bagian yang lebih kecil sehingga pemadatan bisa sempurna. Perkembangan dari teknik pemadatan yang makin maju dimungkinkan karena perkembangan industri mesin yang sedemikian pesat pula.

Ini menghasilkan mesin-mesin pemadat dengan ukuran yang tidak terlalu besar, tetapi mampu memberikan kepadatan yang tinggi dengan jalan memberikan getaran pada roda-roda gilasnya. Dengan memberikan getaran tersebut maka pengaruh roda bisa mencapai sampai 2 kali berat mesin yang ada.

Roller yang dilengkapi dengan mesin penggetar ini biasa disebut Vibrator Roller.

Vibrator Roller ini terdiri dari jenis-jenis :

- 1). Tandem roller
- 2). Towed roller dengan salah satu dari :
 - Sheep foot roller,
 - Plain roller,
 - Segment roller, atau
 - Grid-roller.

3. Menghitung produksi compactor

Kapasitas produksi alat pemadatan (compactor) bisa dinyatakan dari dua satuan yaitu :

- a. Dalam satuan volume per jam
 - b. Dalam satuan luas per jam
- 1). Menghitung produksi dalam satuan volume

$$\text{Rumus umum } Q = \frac{W \times V \times H \times 1000 \times E}{N}$$

Dimana : Q = Kapasitas produksi (m^3/jam)
V = Kecepatan kerja (km/jam)
W = lebar efektif dari roller
H = Tebal lapisan yang dipadarkan
N = Jumlah lintasan
E = Efisiensi kerja

a). Kecepatan kerja

Kecepatan kerja untuk berbagai jenis roller bisa memakai tabel berikut sebagai patokan.

Tabel 3.13. Kecepatan alat pemadat

Jenis Roller	Kecepatan
Road Roller	2,0 km/jam
Tandem Roller	2,0 km/jam
Tire Roller	2,5 km/jam
Vibration Roller	1,5 km/jam
Plate Compactor	1,0 km/jam

b). Lebar efektif (W)

Lebar efektif adalah lebar roller dikurangi overlap pada lintasan berikutnya.

Besarnya overlap untuk : Roller berukuran kecil = 0,1 m
Roller berukuran sedang = 0,2 m
Roller berukuran besar = 0,3 m
Roller beroda karet = 0,3 m

c). Tebal lapisan (H)

Ini tergantung daripada spesifikasi atau penelitian laboratorium. Jenis compactor juga bisa mempengaruhi tebal lapisan yang akan dipadatkan. Ini berkisar antara 10-30 cm.

d). Jumlah lintasan (N)

Ini juga tergantung dari spesifikasi maupun percobaan-percobaan yang telah dilakukan. Jumlah lintasan ini bisa tergantung dari jenis alatnya, tebal lapisannya, ukuran (berat) alatnya dan jenis material yang dipadatkan.

Sebagai gambaran : jumlah lintasan.

Tipe roller	3-5 pass
Road roller	3-5 pass
Tandem roller	3-5 pass
Vibrator roller	3-5 pass
Soil compactor	3-5 pass

e). Efisiensi kerja (E)

Tergantung pada jenis pekerjaannya tidak selalu tergantung pada operator serta alatnya, karena pekerjaan pemadatan alat tidak boleh berjalan terlalu cepat.

Untuk pekerjaan mudah dan tanah baik $E = 0,5 - 0,7$

Untuk pekerjaan sukar dan jenis tanah buruk $E = 0,4 - 0,6$

2). Menghitung produksi dalam satuan luas.

$$\text{Rumus : } Q_A = \frac{W \times V \times 1.000 \times E}{N}$$

Dimana : Q_A = Produksi dalam m^3/jam

3). Contoh perhitungan

Hitungan produksi vibrator roller komatsu JV 32 W dengan lebar roller : 1,0 m.

$$W = 1,00 - 0,20 = 0,8 \text{ m}$$

$$V = 1,5 \text{ km/jam}$$

$$N = 6 \text{ pass (rata-rata)}$$

$$E = 0,6$$

$$Q_A = 0,8 \times 1,5 \times 1.000 \times 0,6 = 120 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Bila tebal lapisan yang dipadatkan = 0,20 m

$$\text{Maka } Q = 0,20 \times 120 = 24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

BAB IV

ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN

Untuk menghitung biaya pelaksanaan proyek harus diketahui harga satuan-satuan tiap-tiap pekerjaan. Untuk mengetahui harga satuan pekerjaan terutama pekerjaan menggunakan peralatan, diperlukan perincian analisa biaya (breakdown analysis). Pada dasarnya biaya pelaksanaan pekerjaan menggunakan peralatan bisa dirinci sebagai berikut :

A. Biaya Langsung

Biaya ini terdiri dari :

1. Biaya pemilikan (owning cost)
 - a. Biaya penyusutan (depreciation cost)
 - b. Biaya bunga, pajak, asuransi (biaya investasi)
2. Biaya operasi
 - a. Biaya bahan bakar
 - b. Biaya pelumas dan filter
 - c. Biaya ban atau pipa (pipa untuk kapal keruk)
 - d. Biaya perbaikan (repair cost)
 - e. Biaya bahan khusus (special items) dan perlengkapan.
 - f. Biaya upah operator/personil

B. Biaya tidak langsung

Biaya ini diperlukan untuk keperluan antara lain :

1. Biaya gudang alat (pooling)
2. Biaya tak terduga (force majeure), kecelakaan, dan lain-lain.
3. Pengawasan/manajemen

C. Biaya pajak dan keuntungan

Sesuai dengan tujuan dari setiap penanaman modal, demikian pula dengan pembelian peralatan, yaitu untuk mendapatkan penghematan biaya, maka harus bisa dicapai efisiensi biaya yang sebesar-besarnya. Hal tersebut bisa dicapai bila pemakai alat bisa memperoleh biaya peralatan serendah-rendahnya tetapi produksi alat setinggi-tingginya. Untuk bisa memperoleh biaya yang serendah-rendahnya perlu diperinci satu-persatu dari tiap-tiap biaya.

A.1.a. Biaya penyusutan

Yaitu harga modal yang hilang pada suatu peralatan disebabkan oleh umur pemakaian. Besarnya biaya penyusutan tergantung dari besarnya harga peralatan tersebut dan umur ekonomis. Umur ekonomis suatu peralatan tergantung dari jenisnya serta daerah dimana alat tersebut dioperasikan. Berikut ini tabel perkiraan umum ekonomis dari beberapa jenis alat dan kondisi pekerjaan.

Tabel 4.1. Perkiraan Umum Ekonomis Peralatan Dinyatakan dalam Tahun - Jam

No.	Jenis/Alat	Kelas/Lapangan		
		Ringan	Sedang	Berat
1.	Bulldozer	6-12000	5-10000	4-8000
2.	Loader Crowler type	8-16000	6-12000	4-8000
	Wheel type	9-18000	7-14000	5-12000
3.	Motor Graders	7-14000	5-10000	4-8000
4.	Motor Scrapers	7-14000	6-12000	4-8000
5.	Clam shells dan Dragline	8-16000	6-12000	4-8000
6.	Power shovel dan back hoe ¼ Cu yd	6-12000	5-10000	4-8000
	1 ½ Cu yd	8-16000	6-12000	4-8000
7.	Wheel tractor : on road	9-18000	7-14000	5-10000
	Off road	6-12000	5-10000	4-8000
8.	Truck (diesel) 5 ton	6-12000	5-10000	4-8000
	15 ton	9-18000	7-14000	5-10000
9.	Cranes wheel s/d 12 ton	8-16000	6-12000	5-10000
	Crawler s/d 10 ton	8-16000	5-12000	5-10000
	Crawler diatas 10 ton	10-20000	8-16000	6-12000
10.	Batching dam mixing plant	15-30000	12-24000	10-20000

Ada beberapa metoda menghitung besarnya biaya penyusutan, yaitu seperti berikut :

1. Straight line method (metoda garis lurus).
2. Production method (metoda hasil kerja).
 - a. Service hour method (metoda jem kerja).
 - b. Production out put method (metoda hasil produksi)
3. Reducing charge method
 - a. Declining balance method (metoda penghapusan menurun).
 - b. Sum of the year digit (metoda jumlah angka tahun).

Contoli perhitungan biaya penyusutan.

1. Straight line method
Turunnya nilai modal dilakukan dengan pengurangan nilai penyusutan (depression) yang sama besar sepanjang umum ekonomis dari peralatan. Penurunan rata-rata ini diambil dari selisih harga pembelian alat dan perkiraan harga sisa alat tersebut setelah habis umur ekonomisnya.

Tabel 4.2. Kondisi Pekerjaan Berdasarkan Keadaan Lapangan.

Jenis Alat	Pengerukan tanah pekerjaan ringan	Pengerukan tanah pekerjaan sedang	Pengerukan untuk pekerjaan berat
Crawle type tractor	- Menarik scraper - Pertanian - Penimbunan	- Penggusuran tanah biasa - Mendorong dan menggaruk - Kekerasan tanah sedang	- Menggaruk tanah keras - Penggusuran pada daerah berbatu - Tanah : keras
Crawler	- Memuat tanah lepas - Material yang di angkut ringan - Bekerja tidak berbelok-belok	- Menggali tanah - Muatan berat - Memerlukan penggaruk	- Muatan sangat berat (tambang) - Bekerja pada daerah berbatu - Menggaruk tanah keras
Motor scaper	Bekerja pada tanah yang lunak dan jalanan baik dan daerah rata	- Memuat dan mengangkut berbagai macam material - Bekerja di daerah yang umum tidak terlalu terjal	Memuat dan mengangkut tanah campur batu-batuan
Off Highway trucks	Dimuat oleh loader dengan kombinasi yang optimum dan mengangkut pada jalan baik dan rata	Dimuat dengan kondisi yang bermacam-macam dan model yang bermacam-macam.	Dimuat oleh loader yang terlalu besar kemungkinan overload dan pengangkutan pada jalanan jelek
Motor grader	Perawatan jalan pada ukuran kecil dan pekerjaan ringan lain.	Perawatan jalan dengan swluruh type kerja grader	Perawatan jalan yang keras pekerjaan scrifier dari permukaan aspal atau beton.
Soil compactor	Pemadatan tanah berpasir	Pemadatan tanah berpasir dan berbatu	Pemadatan tanah permukaan kerikil yang berbatu.

Misalnya :

Suatu alat mempunyai harga pembelian (pokok) sebesar 500.000.000. diperkirakan mempunyai umur ekonomis 5 tahun sedang harga sisa setelah 5 tahun diperkirakan 10% dari harga pokok. Maka hitungan biaya penyusutan tiap tahun sebagai berikut :

Harga pokok-harga ban $= \text{Rp. } 500.000.000$
Harga sisa 10 % x Rp. 500.000.000 $= \text{Rp. } 50.000.000$
Nilai penyusutan $= \text{Rp. } 450.000.000$

Biaya penyusutan pertahun $= 1/5 \times \text{Rp. } 450.000.000$
 $= \text{Rp. } 90.000.000$

Dengan cara tabel dapat dilihat dibawah ini :

Tahun	Biaya penyusutan pertahun	Harga buku
0	Rp.	Rp. 500.000.000
1	Rp. 90.000.000	Rp. 410.000.000
2	Rp. 90.000.000	Rp. 320.000.000
3	Rp. 90.000.000	Rp. 230.000.000
4	Rp. 90.000.000	Rp. 140.000.000
5	Rp. 90.000.000	Rp. 50.000.000

2.a. Service hour method (metode jam kerja)

Suatu alat mempunyai umur ekonomis dalam jam kerja. Misalnya diperkirakan 10.000 jam. Maka biaya penyusutan juga dihitung tiap jam kerja. Sehingga bila suatu alat mempunyai harga pokok Rp. 500.000.000 dan harga sisa alat 10 % dan umur ekonomis 10.000 jam maka biaya penyusutan per jam :

$= 1/10.000 \times (\text{Rp. } 500.000.000 - 50.000.000)$
 $= \text{Rp. } 45.000$

Mungkin alat tersebut tidak akan sama penyusutan pertahunnya karena kegiatan dari tahun ke tahun tidak selalu sama. Cara ini lebih banyak dipakai oleh perusahaan-perusahaan, dimana mempunyai kegiatan sangat bervariasi setiap tahunnya, antara lain perusahaan kontraktor. Cara ini memang terlihat lebih realistis dan tidak sulit perhitungannya, asalkan administrasi operasi cukup baik.

2.b. Production output method (metoda hasil kerja)

Penyusutan alat berdasarkan pada target produksi yang bisa dicapai sampai saat tertentu dimana alat tersebut dianggap tidak biasa memproduksi (tidak lagi efisien).

Misalnya :

Suatu mesin pecah batu (stone crusher) mempunyai harga pembelian (pokok) Rp. 1.500.000.000,-

Harga sisa setelah tidak berproduksi = 10 % = Rp. 150.000.000,-

Maka nilai penyusutan = Rp. 1.500.000.000 – 150.000.000

= Rp. 1.350.000.000,-

Alat tersebut akan bisa memproduksi batu pecah kira-kira sebanyak = 200.000 m³.

Maka biaya penyusutan dihitung tiap 1 m³ hasil produksi yaitu sebesar = Rp. 1.350.000.000,- : 200.000 = Rp. 6.500,-

Biaya penyusutan per tahun akan tergantung dari besarnya produksi pada waktu tersebut. Metoda ini juga cukup realistis dan mudah pula perhitungannya asalkan administrasi produksinya cukup baik. Metoda ini banyak dipakai untuk mesin-mesin yang mudah diukur produksinya misalnya :

- Stone crusher (mesin pemecah batu).
- Saw mill (penggergajian).
- Asphalt mixing plant (mesin pengaduk beton).
- Dan lainnya, terutama mesin-mesin untuk pabrik.

3.a. Declining balance method

Metode ini dibagi dalam dua cara :

- Single declining blance method

Nilai penyusutan per tahun berdasarkan nilai buku pada tahun tersebut dibagi dengan prosentase umur ekonomis.

Contoh : Harga pokok alat Rp. 50.000.000,-

Umur ekonomis 5 tahun

Faktor penyusutan $1/5 = 20\% \times$ harga buku

Tahun	Faktor x Harga penyusutan	Penyusutan	Harga buku
0			Rp. 50.000.000,-
1	20% x Rp. 50.000.000,-	Rp. 20.000.000,-	Rp. 40.000.000,-
2	20% x Rp. 40.000.000,-	Rp. 8.000.000,-	Rp. 32.000.000,-
3	20% x Rp. 32.000.000,-	Rp. 6.400.000,-	Rp. 26.600.000,-
4	20% x Rp. 25.600.000,-	Rp. 5.120.000,-	Rp. 20.480.000,-
5	20% x Rp. 20.480.000,-	Rp. 4.096.000,-	Rp. 16.384.000,-

- Double dechlining balance method
Disini sama dengna diatas tetapi faktor penyusutan double atau = 2
 $\times 1/5 = 40\%$

Tahun	Faktor x Harga penyusutan	Penyusutan	Harga buku
0			Rp. 50.000.000,-
1	40% x Rp. 50.000.000,-	Rp. 20.000.000,-	Rp. 30.000.000,-
2	40% x Rp. 30.000.000,-	Rp. 12.000.000,-	Rp. 18.000.000,-
3	40% x Rp. 18.000.000,-	Rp. 7.200.000,-	Rp. 10.800.000,-
4	40% x Rp. 10.800.000,-	Rp. 4.320.000,-	Rp. 6.480.000,-
5	40% x Rp. 6.480.000,-	Rp. 2.592.000,-	Rp. 3.888.000,-

3.b. Sum of the year digits method

Pengurangan nilai modal berdasarkan faktor sisa umur ekonomis alat dengan jumlah digit tahun umur ekonomis dikalikan nilai penyusutan total. Misal umur ekonomis 5 tahun, maka jumlah digit $1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15$

Pada tahun kedua berarti sisa umur yang ada 4 tahun.

Maka penyusutan dengan metoda ini bisa dihitung sebagai berikut (alat seperti di depan).

Tahun	Faktor x Harga penyusutan	Penyusutan	Harga buku
0			Rp. 50.000.000,-
1	5/15 x Rp 45.000.000,-	Rp. 15.000.000,-	Rp. 35.000.000,-
2	4/15 x Rp 45.000.000,-	Rp. 12.000.000,-	Rp. 23.000.000,-
3	3/15 x Rp 45.000.000,-	Rp. 9.000.000,-	Rp. 14.000.000,-
4	2/15 x Rp 45.000.000,-	Rp. 6.000.000,-	Rp. 8.000.000,-
5	1/15 x Rp 45.000.000,-	Rp. 3.000.000,-	Rp. 5.000.000,-

A.1.b. Biaya investasi

Investasi bisa diartikan penanaman modal, dengan adanya modal ini sipenanam modal dibebani bunga, pajak, sedang alatnya sendiri perlu diansuransikan demi keamanan. Konsep yang dipakai disini adalah : Bunga investasi rata-rata per tahun (Avarage investment interest). Rumus umumnya sebagai berikut :

$$\text{Avarage investment interest / year} = j \times \frac{n+1}{2n} \times \text{harga pokok}$$

Dimana :

n = Umum ekonomis (tahun)

i = Bunga modal rata-rata / tahun

Harga i disini bisa digunakan dengan pajak per tahun dan biaya asuransi alat pertahun serta blaya-blaya lain yang ada sangkut pautnya dengan investasi.

Misalnya :

Bunga pinjaman = 15 % / tahun

Pajak = 2 % / tahun

Asuransi = 2 % / tahun

Biya lain-lain = 1 % / tahun

Jumlah = 20 % / tahun

Bila umum ekonomis alat = 5 tahun

$$\begin{aligned} \text{Maka biaya investasi pertahun} &= 20 \% \times \frac{5 + 1}{2 \times 5} \times \text{harga poko} \\ &= 0,2 \times 0,6 \times \text{harga pokok} \\ &= 0,12 \times \text{harga pokok} \end{aligned}$$

Untuk menghitung biaya investasi per jam kita harus menghitung jam kerja alat per tahun. Karena jam kerja alat tiap tahunnya tidak selalu sama, grafik untuk memperkirakan biya investasi per jam dapat dilihat gambar 4.1.

$$\text{Biaya bangun, pajak, asuransi per jam} = \frac{\text{Muliplier faktor} \times \text{harga pokok}}{1000}$$

A.2. Biaya Operasi

Biaya operasi meliputi :

2.a. Service hour method (metode jam kerja)

Pemakaian bahan bakar spesifik (specific fuel consumption) adalah pemakaian bahan bakar rata-rata setiap HP (Horse Power) dari pada mesin (Sfc).

Untuk mesin bensin = 0,3 liter / HP / jam

Untuk mesin diesel = 0,2 liter / HP / jam

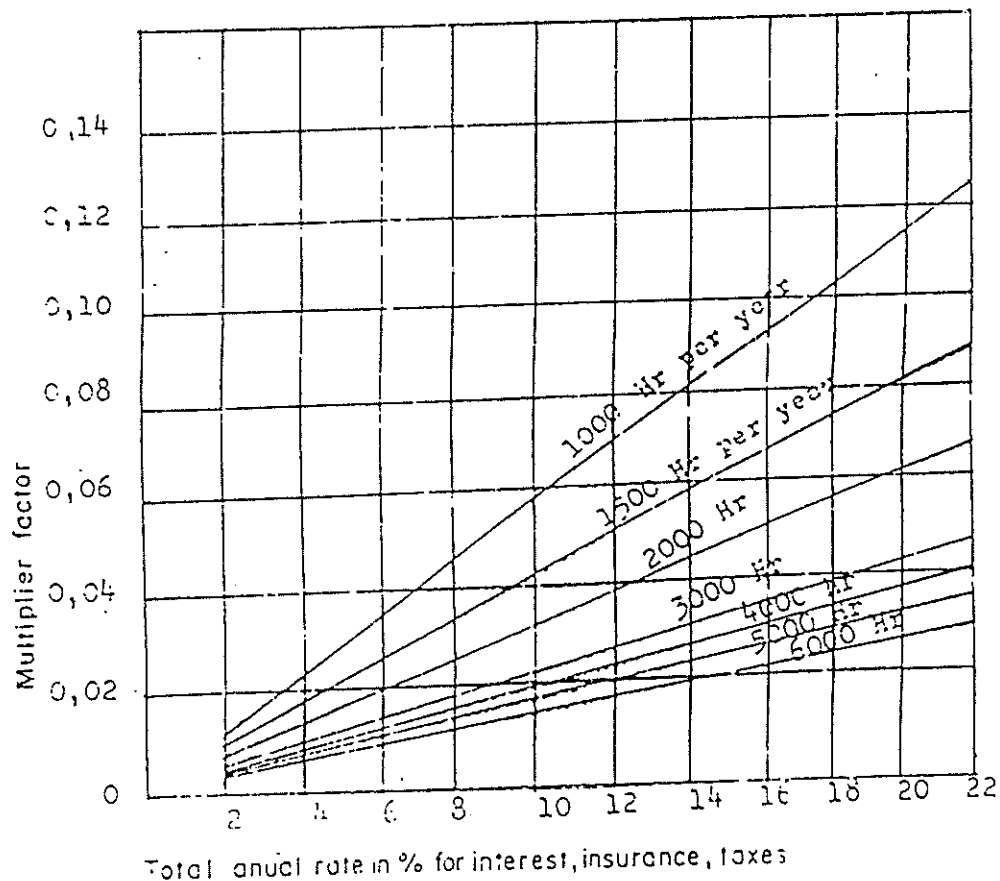
Sfc. Bisa dipakai sebagai dasar perhitungan biaya pemakaian bahan bakar, bila manual peralatan tidak diketahui lagi. Sfc diatas didasarkan bila operating faktor (Faktor operasi) alat = 100 %. Karena biasaya mesin tidak bekerja dengan seluruh kekuatannya (demi keawetan mesin), maka Sfc tersebut diatas harus dikalikan faktor operasi.

Misalnya :

Suatu mesin diesel 100 HP bekerja dengan kekuatan 80 % selama 45 menit tiap jam. Maka pemakaian bahan bakar per jam adalah :

$$= 0,80 \times 45 \times 100 \times 0,2 \text{ Lt}$$

$$= 12 \text{ Liter.}$$



Gambar 4.1. : Grafik untuk memperkirakan biaya investasi per-jam

Biasanya untuk mesin-mesin tertentu telah ada (diberikan oleh pabrik) tentang petunjuk pemakaian bahan bakarnya. Sehingga kita bisa langsung memakai angka tersebut dan dikalikan faktor operasinya. Pada bagian belakang diberikan tabel pemakaian bahan bakar untuk berbagai jenis alat.

2.b. Pemakaian minyak pelumas

Rumus umum pemakaian minyak pelumas :

$$g = \frac{DK \times F}{195.5} + \frac{C}{t} \text{ (liter/jam)}$$

Dimana : g = Minyak pelumas yang digunakan (l/j)
 DK = Kekuatan mesin (HP)
 F = Faktor
 C = Isi dari karter mesin, gearbox dsh.
 t = Waktu penggantian (pemakaian)

Besarnya F diperoleh dari pengalaman dalam praktek, biasanya bisa diambil sebagai berikut (lihat tabel 4.3.)

Biasanya alat-alat yang baru sudah diberikan petunjuk tentang pemakaian minyak pelumas ini, sesuai dengan merk dan type alatnya.

2.b.1. Pemakaian minyak hidrolik

Banyaknya minyak hidrolik yang dipakai biasanya dihitung berdasarkan rumus umum sebagai berikut :

$$H = \frac{C}{t} \times 1,2 \text{ (liter/jam)}$$

Dimana : H = Kebutuhan minyak hidrolik (lt/jam)

C = Kapasitas pengisian minyak hidrolik (liter)

t = Periode penggantian minyak hidrolik (jam)

Tabel 4.3. Besarnya F dalam kondisi lapangan

Jenis alat	Kondisi lapangan		
	Ringan	Sedang	Berat
Peralatan beroda ban "on road"	0,25	0,30	0,40
Peralatan beroda ban "off road"	0,50	0,55	0,60
Track type tractor	0,50	0,63	0,75
Drag lines dan shovels	0,50	0,55	0,60
Dredgers	0,25	0,50	0,60

2.b.2. Pemakaian gemuk (grease)

Penggunaan gemuk (grease) bisa dikemukakan untuk beberapa macam alat lihat tabel 4.4.

Tabel 4.4. Perkiraan Pemakaian Grease

Jenis alat	Pemakaian grease kg/jam		
	Ringan	Sedang	Berat
Tractor > 100 PK	0,20	0,03	0,05
75 - 100 PK	0,20	0,03	0,05
50 - 75 PK	0,015	0,025	0,04
< 50 PK	0,01	0,02	0,03
Wheel type tractor 100 - 150 PK	0,015	0,02	0,03

Pemakaian minyak hidrolik serta gemuk (grease) biasanya juga diberikan petunjuk oleh pabrik.

2.b.3. Pemakaian filter

$$\text{Rumus umum pemakaian filter} = \frac{\text{Harga filter}}{\text{Umur filter}}$$

Secara kasar biaya pemakaian filter kurang lebih sebesar 50 % biaya pemakaian pelumas total.

2.c. Pemakaian ban/pipa

$$\text{Biaya pemakaian ban} = \frac{\text{Harga ban / pipa}}{\text{Umur ban}}$$

Tabel 4.5. Perkiraan ban untuk berbagai alat dalam jam dengan kondisi berbeda.

Jenis alat	Kondisi pekerjaan		
	Ringan	Sedang	Berat
Motor Scraper	3000	2000	1000
Towed Scraper	5000	4000	3000
Off Highway Truck	3500	2500	1500
Motor Grader	5000	3000	2000
Wheel Loader	3000	2000	1000

Pemikiran umur pipa kapal :

$$T = \frac{2 d (133 t - d)}{133 P}$$

di mana : T = Perkiraan umur pipa kapal (tahun)

d = Diameter rata-rata (inci)

t = Tebal pipa (inci)

P = Perkiraan produksi pertahun x 10^{-6} (cu ft)

2.d. Biaya Perbaikan

Biaya perbaikan suatu alat diperhitungkan selama umur ekonomisnya. Biayanya dinyatakan dalam prosentase terhadap harga pokok alat. Karena ban dan pipa merupakan bagian yang diperhitungkan terpisah, maka biaya perbaikan juga diperhitungkan terhadap prosentase harga alat dikurangi harga ban/pipa. Secara umum biaya perbaikan per jam suatu alat :

Biaya perbaikan rata-rata per jam =

$$\frac{\text{Faktor perbaikan x harga pokok} - \text{harga baru}}{\text{Umur ekonomis (jam)}}$$

Ada cara lain untuk menghitung biaya perbaikan yaitu berdasarkan anggapan bahwa pada tahun-tahun awal biaya perbaikan relatif kecil dibandingkan pada digits "yaitu berdasarkan jumlah digits dari umur alat, misalnya : Suatu alat maka biaya perbaikan pertahun dari alat tersebut dengan perkiraan jam kerja bila alat tersebut memerlukan 90 % x Harga pokok untuk biaya perbaikannya selama umur ekonomis maka perhitungan biaya perbaikannya selama umur ekonomis maka perhitungan biaya perbaikan adalah :

Tahun pertama = $1/15 \times 90\% = 6\% \times \text{Harga pokok}$
 Tahun kedua = $2/15 \times 90\% = 12\% \times \text{Harga pokok}$
 Tahun ketiga = $3/15 \times 90\% = 18\% \times \text{Harga pokok}$
 Tahun keempat = $4/15 \times 90\% = 24\% \times \text{Harga pokok}$
 Tahun kelima = $5/15 \times 90\% = 30\% \times \text{Harga pokok}$

Tabel 4.6. Perkiraan prosentase faktor perbaikan untuk berbagai macam alat dengan berbagai pekerjaan.

Jenis alat	Kondisi pekerjaan		
	Ringan	Sedang	Berat
Bulldozer (40-70) HP	1,00	1,30	1,60
(80-220) HP	0,80	1,10	1,30
250-920) HP	0,70	0,90	1,10
(450-...)HP	0,60	0,80	1,00
Dozer Shovel (20-70) HP	1,0	1,30	1,60
(80-220) HP	0,80	1,10	1,30
(250-920) HP	0,70	0,90	1,10
Motor Scraper	0,40	0,50	0,60
Towed Scraper	0,30	0,35	0,40
Off Highway dump truck	0,40	0,55	0,70
Motor grader	0,40	0,50	0,60
Compactors	0,30	0,35	0,40
Wheel loader	0,40	0,50	0,60

Biaya perbaikan ini sudah termasuk antara lain :

- Biaya suku cadangan (spare part)
- Biaya tenaga mekanik
- Biaya alat-alat mekanik
- Dan lain-lain

2.e. Special Items (bahan khusus) dan perlengkapan.

Termasuk special items antara lain :

- Ripper point
- Shank protector
- Shank

Biaya-biaya ini = $\frac{\text{Harga special items}}{\text{Umur special items}}$

Tabel 4.7. Perkiraan Umur Special Items

Jenis special items	Pekerjaan ringan	Pekerjaan sedang	Pekerjaan berat
Ripper point	150	30	15
Shank protector	1500	450	150
Shank	7000	3500	2000

Sedangkan bahan perlengkapan yang dimaksud disini antara lain bahan-bahan untuk menunjang operasinya alat dengan baik antara lain:

- Air accu
- Kabel baja (sling)
- Balok-balok kayu
- Tali temali
- Dan lain-lain

2.f. Biaya upah personil

seluruh personil yang terlibat dalam pelaksanaan operasi peralatan harus dibayar dan dialokasikan ke dalam biaya upah operator/personil yaitu :

- Gaji pelaksana/pengawas alat
- Gaji operator / pembantu
- Gaji mekanik lapangan
- Biaya-biaya lembur
- Keamanan sosial
- Tunjangan-tunjangan
- Dan lain-lain

B. Biaya Tidak Langsung

Termasuk biaya tidak langsung antara lain biaya-biaya tak terduga, pooling peralatan, force majeure dan lain-lain. Besarnya biaya ini sangat tergantung dari lokasi pekerjaan pada kondisi setempat. Besarnya biasanya berkisar 5 - 15% dari biaya langsung.

C. Keuntungan dan Pajak

Biaya ini muncul (timbul) bila pekerjaan diserahkan kepada kontraktor (sub kontraktor). Besarnya keuntungan biasanya tergantung kepada kondisi si pelaksana pekerjaan. Sedang besarnya pajak harus menurut ketentuan yang berlaku baik peraturan Pemerintah Pusat maupun Daerah. Seluruh komponen biaya pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan peralatan dapat disimpulkan secara ringkas menurut form berikut ini :

Contoh form perhitungan biaya peralatan per jam dengan cara : Service Hour Method (metoda jam kerja).

Jenis alat dan model :

Alat tambahan/attachment :

Harga pokok :

Harga ban : Depan Rp. Rp.

Belakang Rp.

Total Rp.

Harga pokok - Harga ban Rp.

Perkiraan nilai sisa Rp.

Total harga penyusutan Rp.

a. Owning Cost (Biaya Pemilikan)

1. Penyusutan = $\frac{\text{Harga Penyusutan}}{\text{Umur Ekonomis (jam)}}$ = Rp.

2. Investasi : Total bunga investasi pertahun = %
Pajak, asuransi, dan lain-lain = %
Total i = %

Biaya investasi per tahun = $i \times \frac{n+1}{2n} \times \text{Harga pokok}$

Per jam = $i \times \frac{n+1}{2n} \times \text{Harga pokok}$
.....
jam kerja per tahun = Rp.

Total biaya pemilikan Rp.

b. Operation Cost (Biaya Operasi)

1. Bahan bakar : pemakaian x harga
..... lt. x Rp. = Rp.

2. Pelumas :
- Mesin lt. x Rp. = Rp.
- Transmisi lt. x Rp. = Rp.
- Final drive lt. x Rp. = Rp.
- Hydraulis lt. x Rp. = Rp.
- Grease lt. x Rp. = Rp.
- Filters 50 % x total peluman = Rp.

3. Pemakaian ban : $\frac{\text{Harga Ban}}{\text{Umur Ban}}$ = Rp.

4. Biaya perbaikan : $\frac{\text{faktor} \times \text{harga pokok}}{\text{umur ekonomi}}$ = Rp.

5. Biaya special items = Rp.

6. Biaya upah personil :

Total biaya operasi (1 s/d 6)

= Rp.

Rp.

Total biaya langsung (I + II)

Rp. (a)

Biaya tidak langsung = % x Biaya Langsung

Rp.

Rp. (b)

Keuntungan = % x (b)

Rp.

Rp. (c)

Pajak = % x (b)

Rp. (d)

Tabel 4.8. Pemakaian Bahan Bakar untuk Berbagai Peralatan Merk "KOMATSU"

Jenis Alat dan Model	Kondisi Pekerjaan		
	Ringan	Sedang	Berat
Bulldozer : D20A, D20P	3,9	5,1	6,4
D21A, D21P (PL)	4,1	5,4	6,8
D31A, D31P	6,3	8,4	10,5
D40A, D40P	8,2	11,0	13,7
D45A, D45P	9,3	12,4	15,5
D50A, D50P	11,9	15,9	19,9
D53A, D53P	11,9	15,9	19,9
D60A, D60P	14,8	19,7	24,7
D60E	16,4	21,8	27,3
D65A	14,8	19,7	24,7
D65E, P	16,4	21,8	27,3
D80A, E, P	22,1	29,4	36,8
D85A, E, P	22,1	29,4	36,8
D150A	31,2	41,6	52,0
D155A	33,3	44,4	55,5
D355A	42,2	56,3	70,4
D455A	58,8	78,4	98,0
Wheel Loader : W 70	9,9	14,2	18,5
W 90	13,2	19,0	24,7
W 120	17,3	24,9	32,5
W 170	22,3	32,1	41,8
Dozer shovel : D10S	2,1	2,7	3,4
D20S,Q	3,9	5,1	6,4
D31S,Q	4,1	5,4	6,8
D31S,Q	6,3	8,4	10,5
D45S	9,3	12,4	15,5
D50S	11,9	15,9	19,9

Jenis Alat dan Model	Kondisi Pekerjaan		
	Ringan	Sedang	Berat
Dozer shovel : D53S	11,9	15,9	19,9
D57S	14,6	19,5	24,4
D60S	14,8	19,7	24,7
D65S	16,9	22,6	28,2
D75S	20,1	26,7	33,4
D95S-2	24,6	32,8	40,9
D155S	35,5	47,3	59,1
Motor Scraper : WS 16	36,8	55,0	69,1
WS 23 S	34,8	50,1	65,3
Dump truck : HD 180	10,2	14,0	17,8
HD 200	13,0	17,8	22,7
HD 320	18,4	25,4	32,3
HD 325	18,8	25,1	31,9
HD 460	27,4	37,7	48,0
HD 680	33,4	46,0	58,5
HD 1200	47,5	65,3	83,2
Motor Grader : GD 22	5,3	8,0	10,7
GD 28	6,1	9,2	12,3
GD 31	9,3	13,9	18,6
GD 500	10,5	15,8	21,1
GD 600	11,5	17,2	23,0
GD 605	11,5	17,2	23,0
GD 650	13,1	19,6	26,2
GD 655	13,1	19,6	26,2
GD 705	14,4	21,6	28,8

Tabel 4.9. Pemakaian Pelumas per-jam (lt) dan Grease (kg) untuk alat-alat Merk "KOMATSU"

Jenis Alat		Jenis Pelumas				
		Crankcase	Transmission	Finaldrive	Hydranlie	Grease
1		2	3	4	5	6
Buldozer :	D455A	0,60	0,44	0,19	0,33	0,02
	D355A	0,38	0,32	0,16	0,36	0,02
	D155A, D150A	0,31	0,26	0,12	0,21	0,02
	D85A, D80A	0,14	0,17	0,08	0,13	0,02
	D60A, D65A	0,10	0,15	0,04	0,11	0,02
	D53A	0,09	0,09	0,03	0,06	0,02
	D50A,9	0,06	0,06	0,03	0,06	0,02
	D45A,P	0,08	0,07	0,03	0,06	0,02
	D40A,P	0,07	0,05	0,03	0,06	0,02
	D31A,P	0,06	0,03	0,02	0,05	0,02
	D20A, D21A, P.PL	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02
Dozer Shovel (Crawler Loader)	D155S	0,33	0,10	0,03	0,30	0,02
	D95S-2	0,20	0,15	0,18	0,18	0,02
	D75S	0,17	0,13	0,14	0,14	0,02
	D60S, D65S	0,15	0,12	0,14	0,14	0,02
	D57S	0,13	0,09	0,13	0,13	0,01
	D53S	0,12	0,09	0,09	0,09	0,01
	D50S	0,07	0,06	0,09	0,09	0,01
	D45S	0,08	0,07	0,07	0,07	0,01
	D31S	0,05	0,03	0,07	0,07	0,01
	D20S, D21S	0,04	0,02	0,04	0,04	0,01
	D10S	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Dump Tuck	HD180	0,32	0,03	0,02	0,08	0,02
	HD200	0,32	0,08	0,02	0,10	0,02
	HD320	0,32	0,13	0,03	0,17	0,02
	HD325	0,42	0,13	0,03	0,17	0,02
	HD460	0,72	0,13	0,07	0,25	0,02
	HD680	0,74	0,23	0,05	0,38	0,03
	HD1200	0,95	0	0,22	0,38	0,05

Jenis Alat		Jenis Pelumas				
		Crankcase	Transmission	Finaldrive	Hydranlie	Grease
1		2	3	4	5	6
Wheel Loader	W70	0,07	0,03	0,04	0,13	0,01
	W90	0,10	0,04	0,04	0,16	0,01
	W120	0,18	0,04	0,07	0,19	0,01
	W170	0,18	0,04	0,08	0,19	0,01
Motor Grader	GD22	0,05	0,01	0,01	0,06	0,02
	GD28	0,06	0,01	0,06	0,06	0,02
	GD31	0,10	0,04	0,07	0,07	0,04
	GD500	0,13	0,04	0,11	0,07	0,03
	GD600.	0,14	0,04	0,13	0,07	0,01
	GD605	0,15	0,04	0,13	0,07	0,01
	GD650.	0,16	0,13	0,13	0,09	0,04
	GD655					
	GD705					
Motor Scraper	WS 16	0,46	0,16	0,30	0,30	0,04
	WS 23,S	0,60	0,07	0,38	0,38	0,06

Contoh soal (1).

Suatu alat Bulldozer Komatsu D53A mengerjakan pemotongan tanah (Cutting) dengan ketentuan sebagai berikut :

Kapasitas blade (pisau)	: 2,85 m ³
Kecepatan maju (F2)	: 6 km/jam (max)
mundur (R2)	: 7 km/jam (max)
Jarak hauling (angkut)	: 50 m
Macam tanah/medan	: Tanah biasa/rata
Rencana am kerja	: 50 jam/minggu
Harga pokok alat	: Rp. 800.000.000m-
Interesrete (total)	: 20 %
Harga bahan bakar	: Rp. 1.500/lt.
Harga perlumas/rata-rata	: Rp. 10.000/lt.
Harga grease (gemuk)	: Rp. 20.000/lt.
Biaya upah total	: Rp. 10 000/lt.
Biaya tidak langsung	: 5 %

Tentukan harga satuan (pokok) pekerjaan pemotongan tanah tersebut per m³ (tidak termasuk pajak dan keuntungan). Kondisi alat mesin operator : bagus.

Pemecahan :

- Menghitung produksi per-jam

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

$$q = L \cdot H^2 \cdot a = 2,85 \times a \quad (a \text{ rata-rata} = 1,0 \text{ untuk tanah biasa})$$

$$q = 2,85 \text{ m}^3$$

$$E = 0,75 \text{ (tabel)}$$

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z \text{ (menit)}$$

$$= \frac{50 \times 60}{0,8 \times 6000} + \frac{50 \times 60}{0,8 \times 7000} + 0,10 = 1,26 \text{ (menit)}$$

$$Q = \frac{2,85 \times 60 \times 0,75}{1,26} = 102 \text{ m}^3 / \text{jam (loose)}$$

Faktor kembang tanah biasa = 1.25

Maka :

$$Q = \frac{102}{1,25} = 81 \text{ m}^3 \text{ (bank)}$$

Menghitung biaya produksi alat

- a. Biaya Pemilihan

$$1). \text{ Biaya penyusutan} = \frac{\text{Harga pokok} - \text{Harga ban} - \text{Nilai sisa}}{\text{Umur ekonomis}}$$

$$\text{Umur ekonomis} = 10.000 \text{ jam (5 tahun)}$$

Karena untuk pengrusakan tanah biasa termasuk pekerjaan sedang (tabel).

$$\text{Biaya penyusutan} = \frac{800.000.000 - 80.000.000}{10.000} = \text{Rp. } 72.000.000$$

$$2). \text{ Biaya investasi : } i \frac{n+1}{2n} = 0,2 \times \frac{5+1}{10} = 0,12$$

$$\text{Jam kerja per minggu} = 50 \text{ jam} = 52 \times 50 \text{ jam} = 2.600 \text{ jam/tahun.}$$

$$\text{Jadi biaya investasi} = \frac{0,12 \times \text{Rp. } 800.000.000,-}{2.600}$$

$$= \text{Rp. } 36.923,-$$

$$\text{Jadi biaya pemilihan} = \text{Rp. } 72.000,- + \text{Rp. } 36.923,-$$

$$= \text{Rp. } 108.923,-$$

b. Biaya Operasi

1. Biaya bahan bakar

Dari tabel pemakaian bahan bakar untuk D53 A
 $15,9 \times \text{Rp. } 1.500,- = \text{Rp. } 23.850,-$

2. Biaya pelumas dan filter

Dari tabel pemakaian pelumas dan gemuk D53 A

- Pelumas (total) $= 0,27 \times \text{Rp. } 10.000 = \text{Rp. } 2.700,-$
 - Grase (gemuk) $= 0,02 \times \text{Rp. } 20.000 = \text{Rp. } 400,-$
 - Filter $= 50 \% \times \text{Rp. } (2.700 + 40) = \text{Rp. } 1.550,-$
 $= \text{Rp. } 4.650,-$

3. Biaya pemakaian ban : tidak ada $= \text{Rp. } 0,-$

4. Biaya perbaikan $= \frac{\text{Faktor} \times \text{Harga pokok}}{\text{umur ekonomis}}$

Faktor = 1,1 (110 HP kondisi sedang)

Biaya perbaikan $= \frac{1,1 \times \text{Rp. } 800.000.000,-}{10.000} = \text{Rp. } 8.800,-$

5. Biaya bahan khusus ditaksir $= \text{Rp. } 25.000,-$

6. Biaya upah $= \text{Rp. } 10.000,-$

Total biaya operasi 1 s/d 6 $= \text{Rp. } 151.500,-$

Total biaya langsung (a + b) $= 108.923 + 151.500 = \text{Rp. } 260.423,-$

Biaya tidak langsung $= 5 \% \times \text{Rp. } 260.423 = \text{Rp. } 13.021,15$

Biaya Produksi $= \text{Rp. } 273.444,15$

Harga satuan pekerjaan $= \text{Rp. } 273.444,15 : 81 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 3.375,85$

Contoh soal (2).

Suatu pekerjaan pemindahan tanah dengan jarak angkut 5 km menggunakan alat-alat sebagai berikut :

- Bulldozer : Komatsu D 40 A-1 : Kap. blade $= 1,77 \text{ m}^3$
- Wheel loader : Komatsu W 70 : Kap. bucke $= 1,70 \text{ m}^3$
- Dump truck : Toyota kapasitas angkut $= 5 \text{ m}^3$ (100 HP)

a. Jenis material : tanah biasa dalam medan yang rata

b. Kecepatan rata-rata :

- Bulldozer : - maju : 4 km/jam
- mundur : 6 km/jam

- Wheel Loader : - maju : 6 km/jam
- mundur : 6 km/jam
- Dump truck : - isi : 20 km/jam
- kosong : 60 km/jam

c. Jarak hauling :

- Bulldozer (cutting) : 20 m
- Wheel loader (loading) : 10 m (dengan cross loading)
- Dump truck : 5.000 m

d. Harga pokok alat :

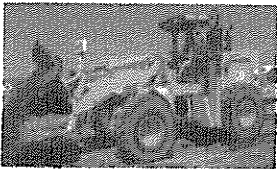
- Bulldozer (cutting) : Rp. 800.000.000,-
- Wheel loader (loading) : Rp. 600.000.000,-
- Dump truck : Rp. 200.000.000,-

- e. Harga ban : Wheel loader : Rp. 3.000.000,-
Dump truck : Rp. 2.000.000,-

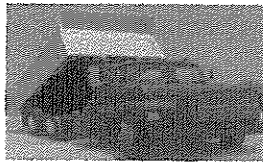
f. Yang lain-lain lihat contoh (1).

Penyelesaian :

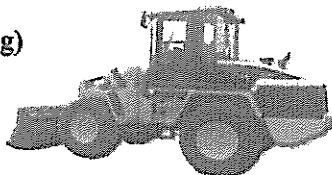
1. Sistem Kerja Peralatan



Bulldozer
(Cutting & Stock Piling)



Dump Truck
(Transporting)
D = 5.000 m



Wheel Loader
(Cross Loading)
D = 10 m

2. Perhitungan Produksi

a. Bulldozer : $Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm}$

$q = LH^2 \times a = 1,77 \times 1 = 1,77 \text{ m}^3$

$E = 0,75 \text{ (tabel)}$

$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z$

$= \frac{20 \times 60}{F} + \frac{20 \times 60}{R} + 0,1 = 0,6 \text{ menit}$

$$Q = \frac{1,77 \times 60 \times 0,75}{0,6} = 132 \text{ m}^3/\text{jam (loose)}$$

$$Q = 132 : 1,25 = 105 \text{ m}^3/\text{jam (bank)}$$

b. Wheel loader

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

$$q = q_l \times k = 1,70 \times 0,9 = 1,53 \text{ m}^3$$

(k = 0,9 untuk pemuatan mudah)

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

$$= \frac{10 \times 60}{4.000} + \frac{10 \times 60}{6.000} + 0,30 = 0,50 \text{ menit}$$

$$Q = \frac{1,53 \times 60 \times 0,75}{0,50} = 137,5 \text{ m}^3/\text{jam (loose)}$$

$$Q = 137,5 : 1,25 = 110 \text{ m}^3/\text{jam (bank)}$$

c. Dum truke

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

$$C = 5 \text{ m}^3$$

$$E = 0,75$$

$$C_{mt} = T + T_h + T_r + T_w + T_d$$

$$T_L = \frac{C_d}{q_l} \times C_m = \frac{5}{1,53} \times 0,5 = 1,6 \text{ menit}$$

(Cm = Cycle time loader). Cmt = Cycle time dump truck.

$$T_h = \frac{D}{V_{isi}} = \frac{5000 \times 60}{20.000} = 15 \text{ menit}$$

$$T_r = \frac{D}{V_{kosong}} = \frac{5000 \times 60}{30.000} = 10 \text{ menit}$$

$$T_w = 0,5 \text{ menit (diperkirakan = waktu menunggu)}$$

$$T_d = 1,0 \text{ menit (waktu membongkar = diperkirakan)}$$

$$C_{mt} = 1,6 + 15 + 10 + 0,5 + 1,0 = 28,1$$

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_{mt}} + \frac{5 \times 60 \times 0,75}{28,1} = 8 \text{ m}^3/\text{jam (loose)}$$

$$Q = 8 : 1,25 = 6,4 \text{ m}^3/\text{jam (bank)}$$

3. Perkiraan jumlah masing-masing peralatan yang diperlukan

Produksi per jam : - Bulldozer = 105 m³
 - Wheel loader = 110 m³
 - Dump truck = 6,4 m³

Waktu yang diperlukan memproduksi tiap 105 m³

- Bulldozer = 105 : 105 = 1 jam
 - Wheel loader = 105 : 110 = 0,95 jam
 - Dump truck = 105 : 6,4 = 16,4 jam

Maka berdasarkan perbandingan waktu tersebut diperlukan alat sejumlah :

1 (satu) buah Bulldozer dengan produksi 105 m³/jam

4. Analisa biaya produksi alat

- Bulldozer

a. Biaya pemilikan (owning cost)

1. Biaya penyusutan : 800.000.000 - 80.000.000 = Rp. 720.000,-

2. Biaya Investasi = $0,20 \times \frac{5+1}{10} = 0,12$

Biaya investasi perjam = $\frac{0,12 \times 800.000.000}{2.600} = \text{Rp. } 36.923,-$

Biaya pemilikan perjam = Rp. 108.923,-

b. Biaya operasi

1. Biaya bahan bakar untuk D 40 A-1

11,0 lt x Rp. 1.500,- = Rp. 16.500,-

2. Biaya pelumas dan filter

- Pelumas (total) = 0,21 x Rp. 10.000 = Rp. 2.100,-

- Grase (gemuk) = 0,02 x Rp. 20.000 = Rp. 400,-

- Filter = 50 % x Rp. (2.100 + 400) = Rp. 1.250,-
 = Rp. 3.750,-

3. Biaya pemakaian ban = Rp. 0,-

4. Biaya perbaikan = $\frac{1,1 \times \text{Rp. } 800.000.000}{10.000} = \text{Rp. } 88.100,-$

5. Biaya bahan khusus ditaksir = Rp. 25.000,-

6. Biaya upah = Rp. 10.100,-

Biaya operasi (total) = Rp. 143.250,-

Total biaya langsung (a + b) = 108.923 + 143.250 = Rp. 252.173,-

Biaya tidak langsung = 5 % x Rp. 252.173 = Rp. 12.608,65

Biaya produksi = Rp. 264.781,65

	Biaya produksi	= Rp. 264.781,65
-	Wheel Loader	
a.	Biaya pemilikan (owning cost)	
1.	Biaya penyusutan :	
	$\frac{\text{Harga pokok} - \text{Harga ban} - \text{Nilai sisa}}{\text{Umur ekonomis}}$	
	$\frac{600.000.000 - (4 \times 3.000.000) - 60.000.000}{14.000}$	= Rp. 37.714,29
2.	Biaya investasi (f) = $0,20 \times \frac{7+1}{14} = 0,11$	
	Biaya investasi per jam = $\frac{0,11 \times 600.000.000}{2.600}$	= Rp. 25.384,615 = Rp. 63.098,905
b.	Biaya operasi	
1.	Biaya bahan bakar untuk D 40 A-1	
	14,2 lt x Rp. 1.500,-	= Rp. 21.300,-
2.	Biaya pelumas dan filter	
-	Pelumas (total) = $0,27 \times \text{Rp. } 10.000$	= Rp. 2.700,-
-	Grase (gemuk) = $0,01 \times \text{Rp. } 20.000$	= Rp. 200,-
-	Filter = $50 \% \times \text{Rp. } (2.700 + 200)$	= Rp. 1.450,- = Rp. 4.350,-
3.	Biaya pemakaian ban = $\frac{\text{Harga ban}}{\text{Umur ban}} = \frac{3.000.000 \times 4}{2.000}$	= Rp. 6.000,-
4.	Biaya perbaikan	
	$\frac{\text{Faktor x} (\text{Harga pokok} - \text{Harga ban})}{\text{Umur ekonomis}}$	
	$\frac{0,5 \times \{600.000.000 - (4 \times 3.000.000)\}}{14.000}$	= Rp. 21.000,-
5.	Biaya bahan khusus ditaksir	= Rp. 25.000,-
6.	Biaya upah	= Rp. 10.100,-
	Biaya operasi (total)	= Rp. 82.250,-
	Total biaya langsung (a + b)	
	63.098,905 + 82.250	= Rp. 145.348,91
	Biaya tidak langsung = $5 \% \times \text{Rp. } 145.348,91$	= Rp. 7.267,45
	Biaya produksi	= Rp. 152.616,30

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya langsung (a + b)} &= 26.030,77 + 57.650 = \text{Rp. } 83.680,77 \\
 \text{Biaya tidak langsung} &= 5\% \times \text{Rp. } 83.680,77 = \text{Rp. } 4.184,04 \\
 \text{Biaya produksi} &= \text{Rp. } 87.874,81
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan harga satuan pekerjaan

1 buah Bulldozer	@ Rp. 264.781,65	= Rp. 264.781,65
1 buah Wheel loader	@ Rp. 152.616,36	= Rp. 152.616,36
17 buah Dump truck	@ Rp. 87.874,81	= <u>Rp. 1.493.871,77</u>
Jumlah biaya alat		= Rp. 1.911.269,63

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi alat} &= 105 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Harga satuan pekerjaan} &= \text{Rp. } 1.911.269,63 : 105 = \text{Rp. } 18.202,57
 \end{aligned}$$

kemungkinan kombinasi lain :

1 buah Bulldozer	@ Rp. 264.781,65	= Rp. 264.781,65
1 buah Wheel loader	@ Rp. 152.616,36	= Rp. 152.616,36
16 buah Dump truck	@ Rp. 87.874,81	= <u>Rp. 1.405.996,96</u>
Jumlah biaya alat		= Rp. 1.823.394,97

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi diambil} &= 16 \times 6,4 \text{ m} = 102,4 \text{ m}^3 \\
 \text{Harga satuan pekerjaan} &= \text{Rp. } 1.823.394,97 : 102,4 = \text{Rp. } 17.806,59
 \end{aligned}$$

Terlihat disini kombinasi kedua lebih murah dari kombinasi pertama.

Contoh soal (3).

Tanah timbunan yang dikerjakan seperti pada contoh soal (2) halaman 81, kemudian diratakan dengan menggunakan motor grader Komatsu GD 31 RC dan didapatkan dengan Vibrator Roller JV 32 dengan lebar roller 1,0 m. Tebal lapisan 10 cm dan jumlah pass tiap pemadatan 3.

Harga motor grader GD 31 RC	Rp. 1.500.000.000,-
Harga vibrator roller	Rp. 1.250.000.000,-
Harga ban motor grader	Rp. 3.000.000,-
Harga bahan bakar	Rp. 1.500,-
Harga pelumas (oil)	Rp. 10.000,-
Harga gemuk (grease)	Rp. 20.000,-
Hitung biaya (harga) satuan pekerjaan penimbunan per m ³	

Penyelesaian :

A. Motor Grader

1. Biaya pemilikan (owning cost)

a. Biaya penyusutan

$$\frac{1.500.000.000 - 150.000.000 - 6 \times 3.000.000}{10.0000} = \text{Rp. } 133.200,-$$

b. Biaya Investasi (f)

$$0.20 \times \frac{5+1}{10} \times \frac{1.500.000.000}{2.600} = \text{Rp. } 69.230,77$$

$$\text{Biaya pemilikan} = \text{Rp. } 202.430,77$$

2. Biaya operasi

a. Biaya pelumas, filter dan BBM

- biaya oli (total)	= 0,28 x Rp. 10.000	= Rp. 2.800,-
- Grase (gemuk)	= 0,04 x Rp. 20.000	= Rp. 800,-
- Filter	= 0,50 x Rp. 3.600	= Rp. 1.800,-
- BBM	= 13,9 x Rp. 1.500	= <u>Rp. 20.850,-</u>
		= Rp. 26.250,-

b. Biaya pemakaian ban = $\frac{6 \times 3.000.000}{3.000}$ = Rp. 6.000,-

c. Biaya perbaikan = $\frac{0,50 \times 1.350.000}{10.000}$ = Rp. 67.500,-

d. Biaya bahan khusus ditaksir = Rp. 25.000,-

e. Biaya upah = Rp. 10.000,-

Biaya operasi (total) = Rp. 140.150,-

Total biaya langsung (1 + 2) =

202.430,77 + 140.150 = Rp. 342.580,77

Biaya tidak langsung = 5 % x Rp. 342.580,77 = Rp. 17.129,04

Biaya produksi = Rp. 359.709,81

B. Vibrator Roller

1. Biaya pemilikan (owning cost)

a. Biaya penyusutan

$$\frac{1.250.000.000 - 125.000.000}{10.0000} = \text{Rp. } 112.500,-$$

b. Biaya Investasi (f)

$$0.20 \times \frac{5+1}{10} \times \frac{1.250.000.000}{2.600} = \text{Rp. } 57.692,31$$

Biaya pemilikan = Rp. 170.192,31

2. Biaya operasi

a. Biaya pelumas, filter dan BBM

- biaya oli (total)	= 0,28 x Rp. 10.000	= Rp. 2.800,-
- Grase (gemuk)	= 0,04 x Rp. 20.000	= Rp. 800,-
- Filter	= 0,50 x Rp. 3.600	= Rp. 1.800,-
- BBM	= 13,9 x Rp. 1.500	= <u>Rp. 20.850,-</u>
		= Rp. 26.250,-

b. Biaya pemakaian ban = Rp. 0,-

c. Biaya perbaikan = $\frac{0,50 \times 1.125.000}{10.000}$ = Rp. 56.250,-

d. Biaya bahan khusus ditaksir = Rp. 25.000,-

e. Biaya upah = Rp. 10.000,-

Biaya operasi (total) = Rp. 117.500,-

Total biaya langsung (1 + 2) = 170.192,31 + 117.500 = Rp. 287.692,31

Biaya tidak langsung = 5 % x Rp. 287.692,31 = Rp. 14.384,616

Biaya produksi = Rp. 302.076,93

1. Produksi alat :

a. Motor grader GD 31 RC

$$Q = \frac{V \times (L_c - L_o) \times E}{n}$$

V diperkirakan 3 km/jam

Sudut kerja blade = 60°, n = 2

$$Q = \frac{3000 \times 2,39 \times 0,75}{2}$$

= 269 m³/jam (loose)

b. Vibrator Roller JV 32.

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1000 \times E}{N}$$

$$= \frac{0,8 \times 1m5 \times 0,1 \times 1000 \times 0,70}{3} = 28 m^3/\text{jam (loose)}$$

2. Kombinasi peralatan :

Untuk produksi 1 motor grader per jam = 269 m³

Jumlah V roller yang diperlukan : 269 : 28 = 9,6 buah

Kombinasi I : 1 buah grader dengan kapasitas 269 m³

9 buah V roller dengan kapasitas 252 m³

Untuk kombinasi ini produksi = 252 m³/jam

Kombinasi II :

1 buah motor grader dengan produksi 269 m³

10 buah V roller dengan produksi 280 m³

Untuk kombinasi ini produksi = 269 m³

Kombinasi I

1 grader Rp. 359.709,81 = Rp. 359.709,81
9 V Roller : 9 x Rp. 302.076,93 = Rp. 2.718.692,37
Jumlah biaya alat = Rp. 3.078.402,18
Harga satuan pekerjaan = Rp. 3.078.402,18 : 252
= Rp. 12.215,88 / m³ (loose)

Kombinasi II

1 grader Rp. 359.709,81 = Rp. 359.709,81
10 V Roller : 10xRp. 302.076,93 = Rp. 3.020.769,3
Jumlah biaya alat = Rp. 3.380.479,11
Harga satuan pekerjaan = Rp. 3.380.479,11 : 269
= Rp. 12.566,84 / m³ (loose)

BAB V

METODA PENGGALIAN TEROWONGAN

A. UMUM

Penggalian terowongan batuan pada umumnya adalah dengan cara pemboran dan peledakan atau yang disebut dengan cara konvensional.

Disamping itu penggalian terowongan dapat juga dilakukan dengan alat gali mekanis atau lebih dikenal dengan istilah "boring machine" yang antara lain tunnel boring machine (TBM), Roadheader.

Hampir semua ukuran dan bentuk terowongan dapat digali dengan cara pemboran dan peledakan, dari ukuran yang terkecil dimana orang masih dapat bekerja sampai yang berdiameter 15 m dan rumah pembangkit bawah tanah dengan ukuran lebar 30,48 m, tinggi 53,34 m dan panjang lebih dari 365,76 m.

Faktor "rock load" untuk terowongan yang digali dengan cara pemboran dan peledakan lebih besar 25% dari pada yang penggalian dengan boring machine.

B. SISTEM MESIN BOR TANGAN "JACK LEG"

1. Penggunaan "Jack Leg"

Merupakan alat bor tangan dengan menggunakan tenaga penggerak angin yang bertekanan 100 psi. Alat bor ini biasanya digunakan untuk pembautan terowongan berukuran kecil.

2. Siklus dan Kecepatan

Siklus pekerjaan pembuatan terowongan dengan menggunakan mesin bor tangan "Jack Leg" untuk peledakan satu tahap adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan
- b. Pemboran
- c. Persiapan pemuatan bahan peledak
- d. Pemuatan bahan peledak
- e. Peledakan dan pengamanan
- f. Pembersihan
- g. Penarikan batuan dan pengangkutannya
- h. Penyanggapan atap dan dinding

a). Persiapan

Melevelkan tumpukan batuan dengan menggunakan alat muat LDH, menyiapkan alat bor, menyambung pipa air angin, membersihkan muka kerja ("face") dengan air, menjatuhkan batuan apabila masih ada yang menggantung di atap muka kerja. Waktu edar lebih kurang 15 sampai 30 menit.

b). Pemboran

Sebagai contoh lubang yang dibor sebanyak 20-25 lubang, waktu pemboran tiap lubang 1,5 sampai 3 menit. Waktu edar 30 sampai 75 menit.

c). Persiapan pemuatan bahan peledak

Setelah selesai pemboran terowongan bagian bawah, pekerja membersihkan peralatan bor, memutuskan dan menggulung pipa karet angin dan air serta menyalipkan peralatan pemuatan bahan peledak, waktu edar 15 menit.

d). Pemuatan bahan peledak

Sebagai contoh lubang ledak dimuat dengan bahan peledak "emulsiao" 32 mm diameter, panjang 30 cm, sebanyak 50 sampai 75 kg. Untuk pemuatan bahan peledak di lubang bagian atas, pekerja menggunakan alat bantu LDH 913. waktu edar 45 sampai 50 menit.

e). Peledakan dan pengamanan

Setelah pemuatan bahan peledak, pekerja menyambung rangkaian kabel peledak, memastikan kipas angin pembantu, dan memasang tali pengaman di dekat area peledakan. Pengawas meginformasikan kepada penjaga untuk membebaskan semua pekerja yang lain dari pengaruh ledakan ini sebelum peledakan dimulai. Waktu edar 10 sampai 15 menit.

f). Pembersihan

Membersihkan matrial batuan dibagian atap dan dinding atas yang rapuh akibat peledakan agar tidak lepas pada saat pekerjaan berikutnya, dilakukan 15 menit setelah peledakan terakhir. Waktu edar 15 menit sampai 20 menit.

g). Penarikan batuan dan pengangkutannya

Batuan lepas hasil peledakan di angkut keluar terowongan. Misalnya dimuat dengan LDH 913 ($3,5 \text{ m}^3$) dan diangkut dengan Getment Truck ($6,0 \text{ m}^3$) ketempat penampungan ("muck bay") sementara, waktu edar 60 sampai 90 menit.

h). Penyanggaan atap dan dinding atas batuan

Sistem penyanggaan terdiri dari penyanggaan besi baja, batu-batuan (Rock Bolt) atau beton tembak (shotcrete). Ketiga macam penyangga tersebut dapat digunakan salah satu atau kombinasi dari ketiga tiganya, tergantung kondisi geologi di dalam terowongan. Misalnya suatu sistem penyangga yang dipasang seperti berikut :

Pemboran dan pemasangan: jaringan kawat 6 x 10 ft dan baut bahan (Rock bolt). Yang panjang 7 lf, jaringan kawat yang dipasang sebanyak 2 buah dan baut batuan sebanyak 20 sampai 30 buah. Juga dipasang plat besi panjang 1 x 8 ft ("long strap). 2 buah dinding kir dan kanan terowongan, waktu edar 45 sampai 75 menit.

Siklus pekerjaan pembuatan terowongan dengan menggunakan mesin bor tangan "jack leg" untuk peledakan dua tahap adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan
- b. Pemboran terowongan bagian atas
- c. Persiapan pemuatan bahan peledak
- d. Peledakan dan pengamanan
- e. Pembersihan
- f. Penarikan batuan dan pengangkutnya
- g. Pemboran bagian bawah
- h. Pemuatan bahan peledak
- i. Penyanggaan atap dan dinding
- j. Akhirl kerja

a). Persiapan

Melevelkan tumpukan bautan dengan menggunakan alat muat LDH, menyipakan alat bor, menyambung pipa air dan angin, membersihkan muka kerja ("face) dengan air, menjatuhkan batuan apabila masih ada yang menggantung di atap muka kerja. Waktu edar lebih kurang 15 sampai 30 menit.

b). Pemboran terowongan

Sebagai contoh lubang yang dibor sebanyak 20-25 lubang, waktu pemboran tiap lubang 1,5 sampai 3 menit. Waktu edar 30 sampai 75 menit.

c). Persiapan pemuatan bahan peledak

Setelah selesai pemboran terowongan bagian bawah, pekerja membersihkan peralatan bor, memutuskan dan menggulung pipa karet angin dan air serta menyiapkan peralatan pemuatan bahan peledak, waktu edar 15 menit.

d). Peledakan dan pengamanan

Setelah pemuatan bahan peledak, pekerja menyambung rangkaian kabel peledak, mematikan kipas angin pembantu, dan memasang tali pengamanan di dekat area peledakan. Juru ledak ("Blaster") menginformasikan kepada pengawas keselamatan kerja untuk membebaskan semua pekerja yang lain dari pengaruh ledakan ini sebelum peledakan dimulai. Waktu edar 10 sampai 15 menit.

e). Pembersihan

Membersihkan material batuan dibagian atap dan dinding atas yang rapuh akibat peledakan agar tidak lepas pada saat pekerjaan berikutnya, dilakukan 15 menit setelah peledakan terakhir. Waktu edar 5 menit sampai 10 menit.

f). Penarikan batuan dan pengakutannya

Batuan lepas hasil peledakan di angkut keluar terowongan. Misalnya di muat dengan LDH 913 ($3,5 \text{ m}^3$) dan diangkut dengan Getment Truck ($6,0 \text{ m}^3$) ketempat penampungan ("muck bay") sementara, waktu edar 60 sampai 90 menit.

g). Pemboran terowongan bagian bawah

Sebagai contoh lubang yang dibor sebanyak 25-30 lobang, waktu pemboran tiap lubang 1,5 sampai 3 menit, waktu edar 45 sampai 90 menit.

h). Pemuatan bahan peledak

Sebagai contoh lubang ledak dimuat dengan bahan peledak "emulsiao" 32 mm diameter, panjang 30 cm, sebanyak 50 sampai 75 kg. Untuk pemuatan bahan peledak di lubang bagian atas, pekerja menggunakan alat bantu LDH 913. waktu edar 45 sampai 50 menit.

i). Penyanggaan atap dan dinding atas batuan

Sistem penyanggaan terdiri dari penyanggaan besi baja, baut batuan (Rock Bolt) atau beton tembok (shotcrete). Ketiga macam penyangga tersebut dapat digunakan salah satu atau kombinasi dari ketiga tiganya, tergantung kondisi geologi di dalam terowongan. Misalnya suatu sistem penyangga yang dipasang seperti berikut :

Pemboran dan pemasangan jaringan kawat 6 x 10 ft dan baut batuan ("Rock Bolt)

Yang panjang 7 ft, jaringan kawat yang dipasang sebanyak 2 buah dan baut batuan sebanyak 20 sampai 30 buah. Juga dipasang plat besi panjang 1 x 8 ft ("long strap).

2 buah dinding kir dan kanan terowongan. Waktu edar 45 sampai 75 menit.

j). Akhir kerja

Setelah juru ledak ("Blaster") meledakan terowongan, pekerja menghidupkan kembali kipas angin batu untuk membebaskan asap dan debu hasil peledakan, dan setelah udara kembali normal, juru ledak memeriksa area yang diledakkan ada dan tidaknya peledakan mangkir ("missfire") serta pelengkapan tambang yang rusak akibat dari ledakan tersebut. Waktu edar 15 sampai 20 menit.

Lama waktu edar pembuatan terowongan, dengan menggunakan alat bor tangan "Jack Leg" seperti contoh diatas adalah 6 jam sampai 9 jam 45 menit. dengan kemajuan terowongan 1,5 meter sampai dengan 2,0 meter tiap gilir kerja (Shift).



Gambar 2.1 Mesin Bor Manual “Jack Leg”

Kalau dalam satu hari terdapat 3 gilir kerja (shift) dengan melakukan 2 (dua) kali peledakan, maka didapatkan kemajuan terowongan dengan menggunakan mesin bor tangan "Jack Leg" sebagai berikut :

- a. Kemajuan terowongan/hari = 3 sampai 4 meter
- b. Kemajuan terowongan/bulan = 72,0 sampai 96,0 mete..

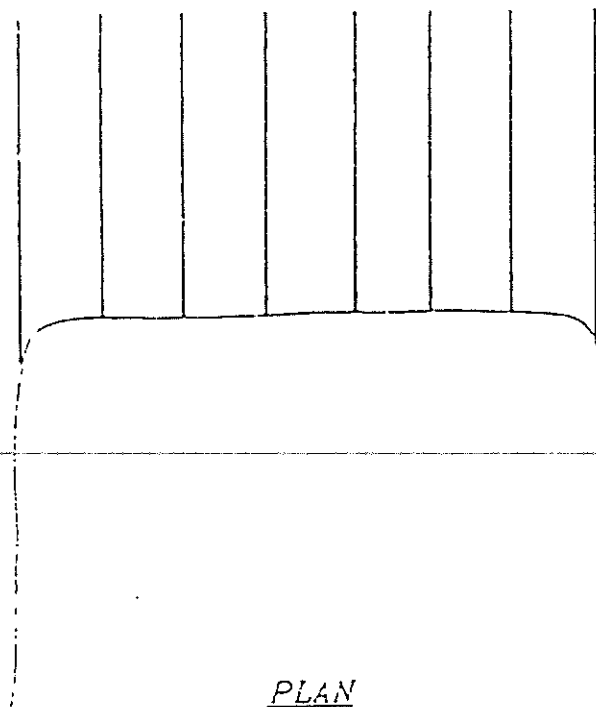
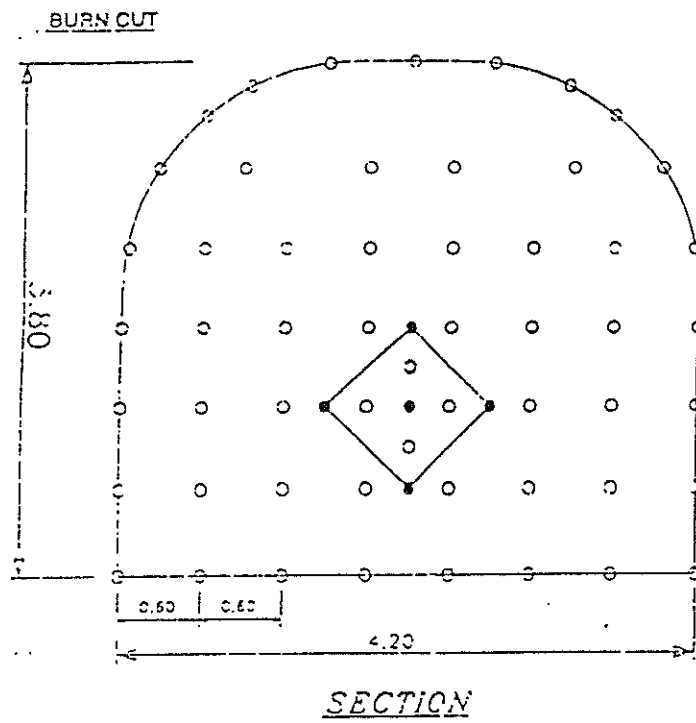
3. Pola Peledakan

Pola peledakan dilakukan dengan pola "burn cut" (garis lurus), atau pola peledakan "wedge cut" (baji). Gambar 2.2 dan 2.3.

Tabel II.1 suatu contoh kriteria pembuatan terowongan di PT. Freepot Indonesia Company standart A,B,C dengan menggunakan alat bor tangan "Jac leg" adalah sebagai berikut :

TABEL II.1. KRITERIA PELEDAKAN DENGAN ALAT BOR "JUMBO" PADA SATU MUKA KERJA.

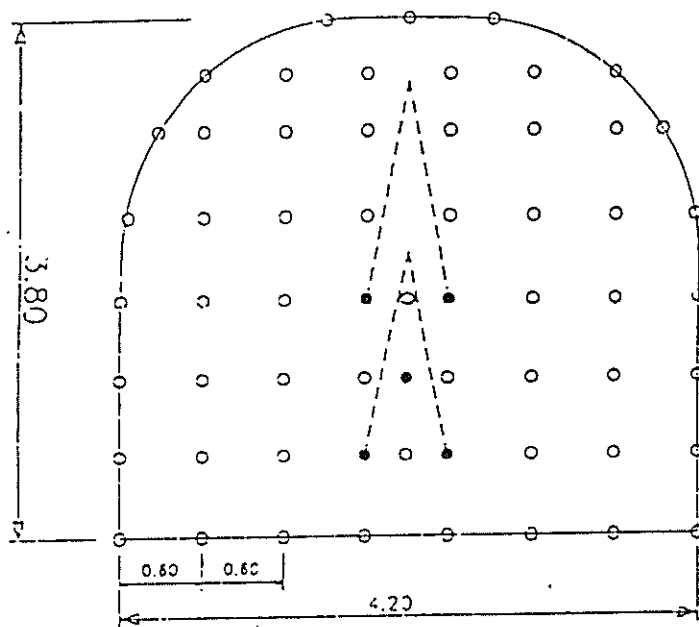
Kriteria peledakan di satu muka kerja alat bor manual, "Jack Leg"	Standard A	Standard B	Standard C	Satuan
Ukuran terowongan	9.00	12.96	15.96	M ²
Kemajuan terowongan/shift	1.5 - 2	1.5 - 2	1,5 - 2	Meter
Kemajuan terowongan/bulan	96	84	72	Meter
Penggunaan bahan peledak	50	62	75	Kg/shift
Diameter lobang ledak	1.5	1.5	1.5	Inci
Panjang lobang ledak	6 - 8	6 - 8	6 - 8	Ft
Jumlah lobang ledak	45	50	55	Buah
Penggunaan bahan peledak	1.200	1.500	1.800	Kg/bulan
Jumlah mesinbor jack leg	1	2	2	Unit
Jumlah kawat yang dipakai	2	2	2	Unit
Kriteria peledakan di satu muka kerja alat bor manual "Jack Leg"	Standard A	Standard B	Standard C	Unit
Jumlah "Log strap"	2	2	2	Unit
Jumlah paku batuan	25	30	35	Unit
Alat muat LIID 913, 3.8 m ³	1	1	1	Unit
Alat angkut getman, 5 m ³	1	1	2	Unit
Jumlah "nonel" blast cap"	42	47	52	Unit
Jumlah sumbu ledak	2	2	2	Unit
(%) keretakan batuan.	2 - 5	2 - 6	2 - 7	Percent



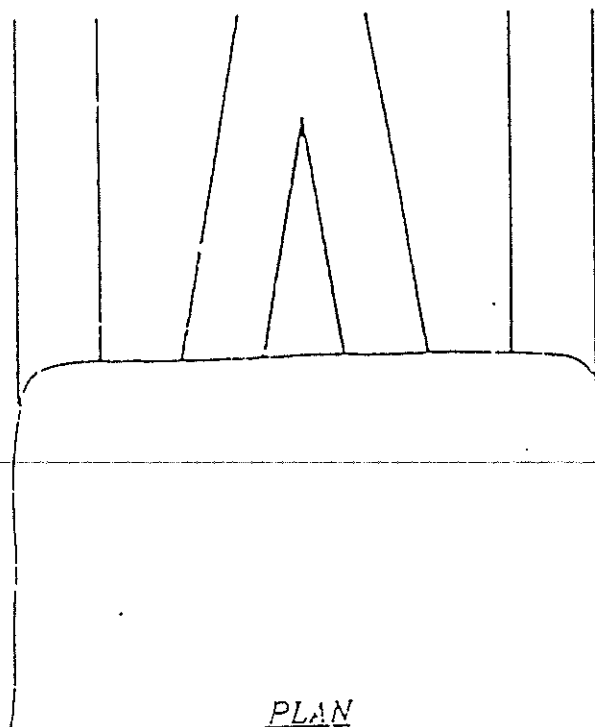
Standard "C" Drift
Scale 1:50

Gambar 2.2 Pola Peledakan Terowongan "Burn Cut"

WEDGE CUT



SECTION



PLAN

Standard "C" Drill
Scale 1:50

Gambar 2.3 Pola Peledakan terowongan "Wedge Cut"

4. Keuntungan dan kerugian mesin Bor "Jack Lag".

Keuntungan menggunakan mesin bor tangan "Jack leg" :

- Ongkos pembuatan terowongan relatif lebih murah (US \$ 700 per meter), dibandingkan dengan menggunakan alat bor "Jumbo"
- Tidak menggunakan tenaga listrik atau mekanis dalam pemboran hanya menggunakan tenaga manual (manusia) dan angin yang bertekanan.
- Harga alat bor tangan "Jack Leg" dan biaya pemeliharaan relatif murah.
- Mudah dan relatif cepat dipindahkan ke tempat muka kerja yang lain.

Kerugian mesin bor tangan "jac leg" :

- Kemajuan terowongan relatif lebih lambat jika dibandingkan dengan alat bor elektrik dan mekanis lainnya.
- Ukuran/dimensi terowongan relatif lebih kecil/terbatas
- terjadi kecelakaan bagi pekerja relatif tinggi karena pekerja tidak terlindungi dari atap batuan
- Kebisingan yang ditimbulkan oleh suara mesin relatif tinggi, lebih besar dari 100 diesel.
- Apabila strang bor ("drill rod") patah, umumnya pekerja menerima langsung pengaruhnya, seperti mesin terjatuh atau pekerja yang jatuh. hal ini dapat menimbulkan kecelakaan.
- Tenaga pekerja banyak terkuras apabila menggunakan alat ini.

5. Penggunaan tenaga kerja

Sebagai contoh penggunaan tenaga kerja pada pembuatan terowongan standart A, B dan C, dengan menggunakan alat mesin bor tangan ini adalah sebagai berikut :

Tabel II.2. Tenaga kerja pada pembuatan terowongan dengan menggunakan alat bor "Jack Leg" pada satu muka kerja

Macam pekerjaan	Standar A	Standar B	Standar C
Operator alat bor di "face"	2	3	3
Operator alat muat LHD	1	1	1
Operator alat angkut getman	1	1	1
Asisten pengawas (Leadhand)	1	1	1
Total (Orang)	5	6	6

C. SISTEM MESIN BOR MEKANIS DAN ELEKTRIK “JUMBO”

1. Penggunaan Mesin Bor Jumbo

Mesin bor adalah alat bor mekanik dan hidrolik yang menggunakan tenaga penggerak listrik dan angin. Alat ini dilengkapi dengan motor diesel untuk memindahkan dari lokasi kerja ketempat lainya (gambar 3.1) contoh alat bor jumbo listrik dan angin dengan spesifikasi sebagai berikut .

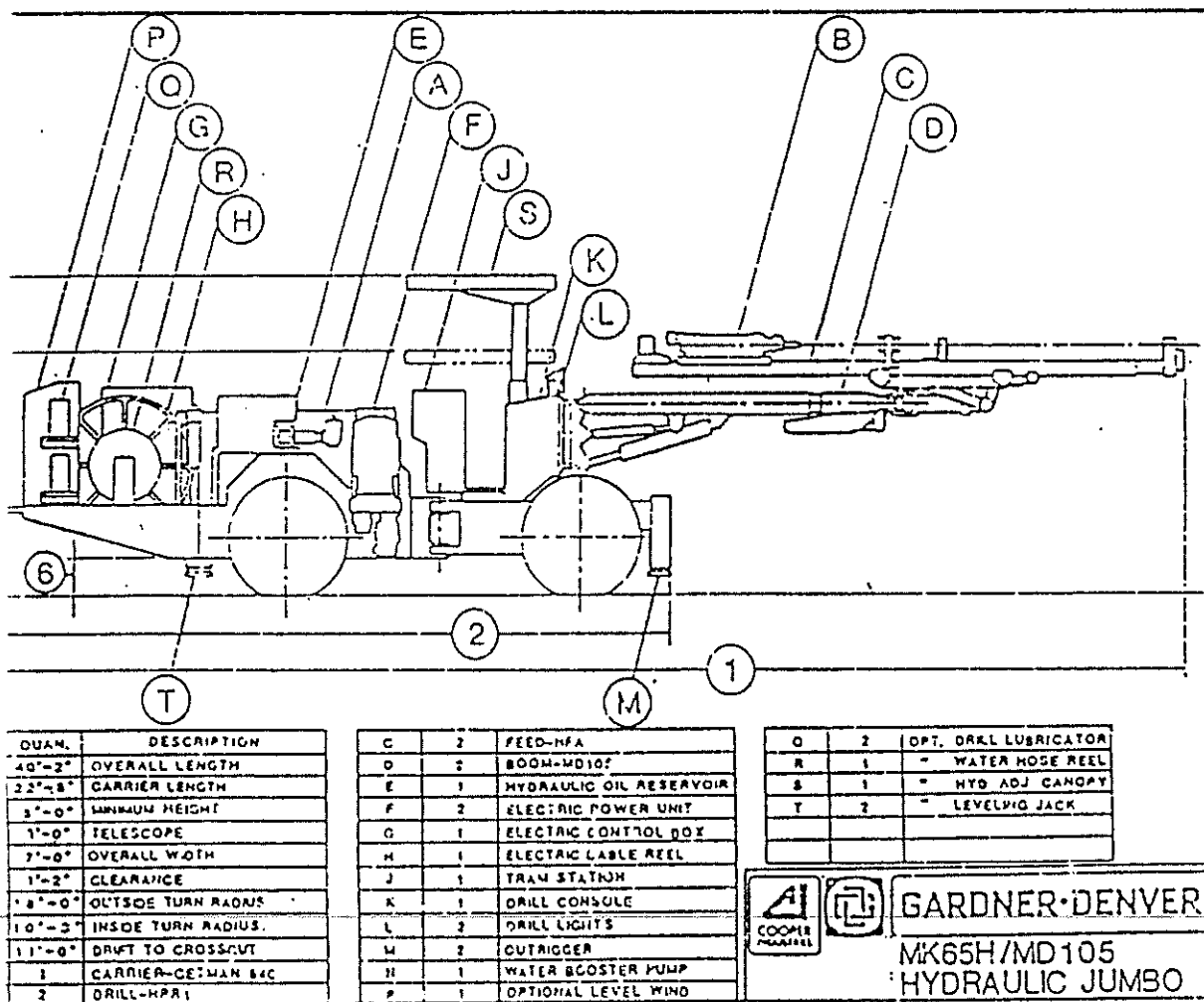
a. MK 35 H Gardner Denver

- Mesin/alat pembawa : Getmen 640 DJC, DEUTZ Diesel Engine, 82 HP.
- Dimensi terowongan maksimum : 42 m².
- Sistem pemboran : Tenaga hidrolik dan listrik, dilengkapi dengan 2 lengan “drifter”
- Kemiringan kerja maksimum : 35 %
- Panjang batang bor : 10-12 ft
- Diameter mata bor : 1,5-2 inchi

b. MK 65 GARDNER DENVER

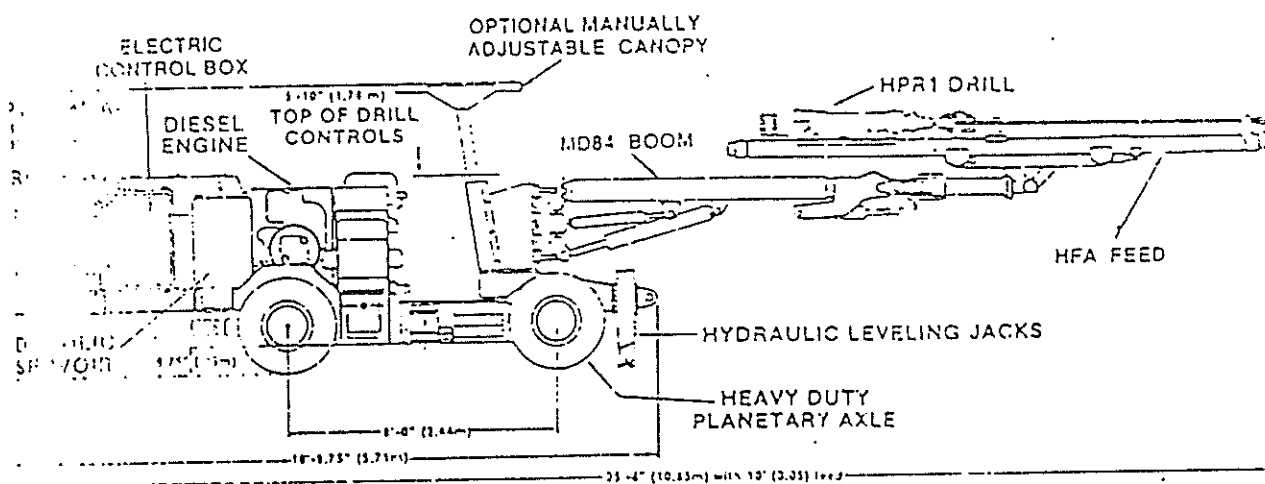
- Mesin/alat pembawa : Getmen 640 DJC, DEUTZ Diesel Engine, 82 HP.
- Dimensi terowongan maksimum : 65 m²
- Kemiringan kerja maksimum : 35 %
- Panjang batang bor : 10-12 ft
- Diameter mata bor : 1,5-2 inchi

Mesin bor jumbo listrik mempunyai keuntungan dalam ventilasi karena tidak dihasilkan pembakaran, tetapi aliran udara tetap ada untuk memindahkan debu “cutting” dari pemboran. Dan juga keselamatan bagi operator yang sedang mengebar batuan lebih terjamin dari kejatuhan batuan karena terlindung pada kabin mesin bor ini.



Gambar 3.1. Mesin Bor "Jumbo MK 65 H/GD"

MK35H Side View



Gambar 3.2 Mesin Bor "Jumbo MK 35 H/GD"

2. Siklus dan Kecepatan

Siklus pekerjaan pembuatan terowongan dengan menggunakan mesin bor jumbo adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan.
- b. Penyanggaan atap dan dinding batuan.
- c. Penarikan batuan dan pengangkutannya.
- d. Penarikan mesin jumbo ke muka kerja dan persiapan pemboran.
- e. Pemboran muka kerja (terowongan) bagian atas dan bawah.
- f. Penarikan mesin jumbo keluar area kerja.
- g. Persiapan pemuatan bahan peledak.
- h. Pemuatan bahan peledak.
- i. Peledakan dan pengamanan.
- j. Akhir kerja.

Dibawah ini contoh tahapan penggalian terowongan dengan mesin jumbo

- a. Persiapan
Melevelkan tumpukan batuan hasil peledakan sebelumnya, dengan menggunakan alat muat LHD 925, menyambung pipa air dan angin, membersihkan muka kerja dengan air, menjatuhkan batuan yang retak yang masih menggantung di atap batuan. Waktu edar 15 sampai 30 menit.
- b. Penyanggan Atap dan Dinding Batuan.
Misalnya penyanggaan dilakukan dengan menggunakan jaringan kawat 6 x 10 ft yang dipasang pada atap dan dinding batuan yang disangga dengan menggunakan baut batuan ("rock bolt") yang panjangnya 7 ft. Setelah penyanggaan atap selesai, dinding kiri dan kanan dipasang plat besi panjang ("long steel strap") dan diperkuat dengan baut batuan ("rock bolt"). Waktu edar 45 sampai 75 menit.
- c. Penarikan Batuan dan Pengangkutannya.
Setelah selesai pekerjaan penyanggaan, batuan tempat berdirinya pekerja dimuat dengan LHD 925 (5,0 M³) pada Eimco Truck (12 m³) dan diangkut ke tempat penampungan sementara ("muck bay"). Waktu edar 60 sampai 90 menit.
- d. Penarikan Mesin Jumbo ke Muka Kerja dan Persiapan Pemboran.
Setelah muka kerja bersih dari batuan hasil peledakan, maka mesin jumbo dibawah ke muka kerja. Sistem energi listrik diliubungkan pada sumbernya. Pipa angin dan air bertekanan 100 psi (2 " diameter) dihubungkan pada pipa induk (3"). Juga apabila perlu pekerjaanya menyambung kain plastik penyalur udara bersih kemuka kerja. Waktu edar 15 sampai 30 menit.

- e. Pemboran Muka Kerja (terowongan) Bagian Atas dan Bawah.
Mesin jumbo mempunyai 2 lengan bor ("drifter"), sehingga dapat mengebor muka kerja dengan 2 (dua) lubang. Pada setiap mesin jumbo dibantu oleh seorang mekanik jumbo untuk membantu apabila ada kerusakan. Lubang yang dibor sebanyak 55 sampai 65 lubang. Lubang bor yang dibesarkan ("reaming") sebanyak 3' buah. Waktu pemboran 1,5 menit/lubang, waktu edar 75 sampai 90 menit.
- f. Penarikan Mesin Jumbo ke Luar Area Kerja.
Apabila pemboran sudah selesai, sumber listrik diputuskan, aliran air dan angin yang bertekanan diputuskan dari mesin jumbo, kemudian mesin jumbo dibawa ketempat penyimpanannya. Waktu edar 15 sampai 30 menit.
- g. Persiapan Pemuatan Bahan Peledak.
Pada saat pemboran, pengawas pekerja sudah mempersiapkan bahan peledak yang akan digunakan peralatan yang dipersiapkan berupa pot "ANFO" dan "Emulsion". Pemakaiannya tergantung kondisi batuan yang akan diledakan. Waktu edar dalam persiapan peledakan adalah 15 menit.
- h. Pemuatan Bahan Peledak.
Pemuatan peledak pada bagian atas muka kerja dibantu dengan alat muat LHD 925. Pekerja memuat bahan peledak dan merangkai "delay" tiap-tiap lubang sampai menyambung rangkaian kabel kesumber utama peledakan. Waktu edar dalam pemuatan ini 45 sampai 60 menit.
- i. Peledakan dan Pengamanan
Setelah selesai pemuatan bahan peledak, pekerja mematikan kipas angin bantu dan memasang tali pengaman di dekat area peledakan. Pengawas tambang menginformasikan pada penjaga tambang untuk membebaskan semua pekerja yang lain dari pengaruh peledakan ini sebelum peledakan di mulai. Waktu edar 10 sampai 15 menit sampai saat peledakan.
- j. Akhir Kerja
Setelah pengawasan meledakan muka kerja (terowongan), pekerja menghidupkan kembali kipas angin bantu untuk membebaskan asap dan debu hasil peledakan, dan setelah udara kembali normal, pengawas memeriksa area yang diledakkan, melihat kemungkinan apakah ada yang rusak akibat dari ledakan tersebut. Selanjutnya pengawas menginformasikan kembali kepada penjaga ("dispatcher") bahwa peledakan telah selesai dilakukan dan keadaan aman. Waktu edar tahap akhir 5 sampai 10 menit.

Lama waktu edare pembuatan terowongan dengan menggunakan mesin bor jumbo adalah 5 jam sampai 7 jam 30 menit. Waktu yang tersedia tiap giliran adalah 8 jam.

Kalau dalam satu hari terdapat 3 (tiga) giliran kerja, dengan melakukan 2 kali peledakan. Dalam satu peledakan kemajuan muka kerja 3,0 meter sampai 4,0 meter. Maka didapatkan kemajuan terowongan dengan menggunakan mesin bor Jumbo sebagai berikut :

- a). Kemajuan terowongan/hari = 6,0 sampai 8,0 meter.
- b). Kemajuan terowongan/bulan = 144,0 sampai 192,0 meter.

3. Pola Peledakan

Pola peledakan dilakukan dengan pola garis lurus ("burn cut"), atau pola peledakan baji "wedge cut". Contoh gambar pola peledakannya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3. Contoh kriteria pembuatan terowongan dengan menggunakan mesin jumbo adalah sebagai berikut :

Tabel III.1. Kriteria Peledakan dengan Alat Bor "JUMBO" pada satu muka kerja

Kriteria Peledakan di Satu Muka Kerja Alat Bor Jumbo	Angka	Satuan
Luas profil pemboran jumbo	65,0	m ²
Ukuran terowongan	24.4 (4,7 x 5,2)	m ²
Kemajuan terowongan/shift	3,0 - 4,0	m
Diameter lubang bor/ledak	1 3/8 - 2	inchi
Panjang lubang ledak	10 - 12	ft
Jumlah lubang ledak	55 - 65	buah
Penggunaan bahan peledak/shift	125 - 200	kg
Penggunaan bahan peledak/bulan	6.000 - 9.600	kg
Jumlah "Nonel Electric Blasting Cap" (pengatur Waktu-Ledak)	55 - 65	unit
Jumlah sumbu ledak	2 - 3	unit
Jumlah kawat ("Wire Mesh") yang dipakai (6 x 10 ft)	4	unit
Jumlah paku batuan ("rock bolt") yang dipakai (7 ft)	40 - 50	unit
Jumlah plat besi panjang ("long steel strap"), 1 x 8 ft	4 - 6	unit
Jumlah alat muat LDH 925 atau Wagner ST - 6 LHD	1	unit
Jumlah alat angkut Limco 985 truck	2	unit
Persentase keretakan batuan diluar ukuran standard ("overbreak")	2 - 11,5	percent

4. Keuntungan dan Kerugian Mesin Bor “Jumbo”

Keuntungan apabila menggunakan mesin bor mekanis jumbo adalah sebagai berikut :

- a. Kemajuan terowongan dua kali lebih cepat, yaitu 6 - 8 meter per hari jika dibandingkan dengan menggunakan alat bor manual “jack leg” 3 - 4 meter per hari.
- b. Ukuran/dimensi terowongan yang dibuat lebih besar.
- c. Pekerja yang bekerja pada mesin jumbo lebih aman, karena terlindung oleh atap kabin.
- d. Kebisingan yang ditimbulkan oleh suara mesin relatif rendah, 40 desibel masih dibawah nilai abang atas.
- e. Bentuk terowongan yang dihasilkan lebih baik, karena arah dan kemiringan pemboran diatur secara mekanis dengan menggunakan lengan bor (“drifter boom”).
- f. Apabila stang bor patah pada saat mengebor, maka pekerja tidak menerima langsung akibatnya yang dapat menimbulkan kecelakaan, karena pekerja berada di ruang kabin pengontrol.
- g. Jumlah tenaga kerja yang mengoperasikan alat ini relatif sama dengan yang menggunakan mesin bor “jag leg”, hanya ditambah satu orang mekanik saja.

Kerugian apabila menggunakan mesin bor jumbo adalah sebagai berikut :

- a. Biaya pembuatan terowongan relatif mahal, yaitu US \$ 1000/meter, jika dibandingkan dengan menggunakan mesin bor manual “jack leg” (US \$ 700/meter).
- b. Perlu adanya biaya pemeliharaan tambahan dan berkesinambungan untuk menjaga tetap beroperasinya mesin tersebut.
- c. Pemindahan mesin bor ini relatif lambat dibanding dengan alat bor manual “jeck leg”.

5. Penggunaan Tenaga Kerja

Penggunaan tenaga kerja pada pembuatan terowongan yang memakai mesin bor Jumbo dan pendukungnya pada satu muka kerja adalah sebagai berikut :

Tabel III.2. Tenaga Kerja Pada Pembuatan Terowongan dengan Menggunakan Alat Bor “Jumbo pada Satu Muka Kerja”

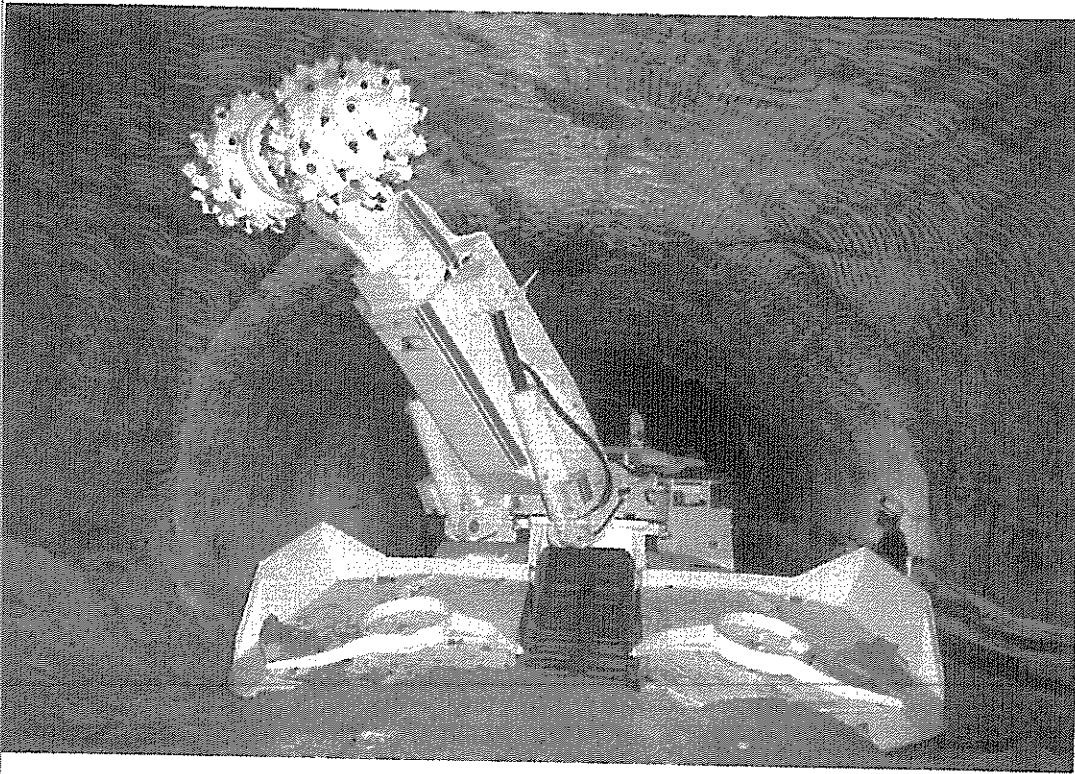
Macam Pekerjaan	Total Unit	Tenaga Kerja
Operator mesin bor jumbo	1	2
Mekanik mesin bor jumbo	-	1
Operator alat muat ST - LDH	1	1
Operator alat angkut Eimco EJC 420	1	1
Asisten pengawas (leadhand)	-	1
Total	3	6

D. SISTEM MESIN BOR “ROAD HEADER”

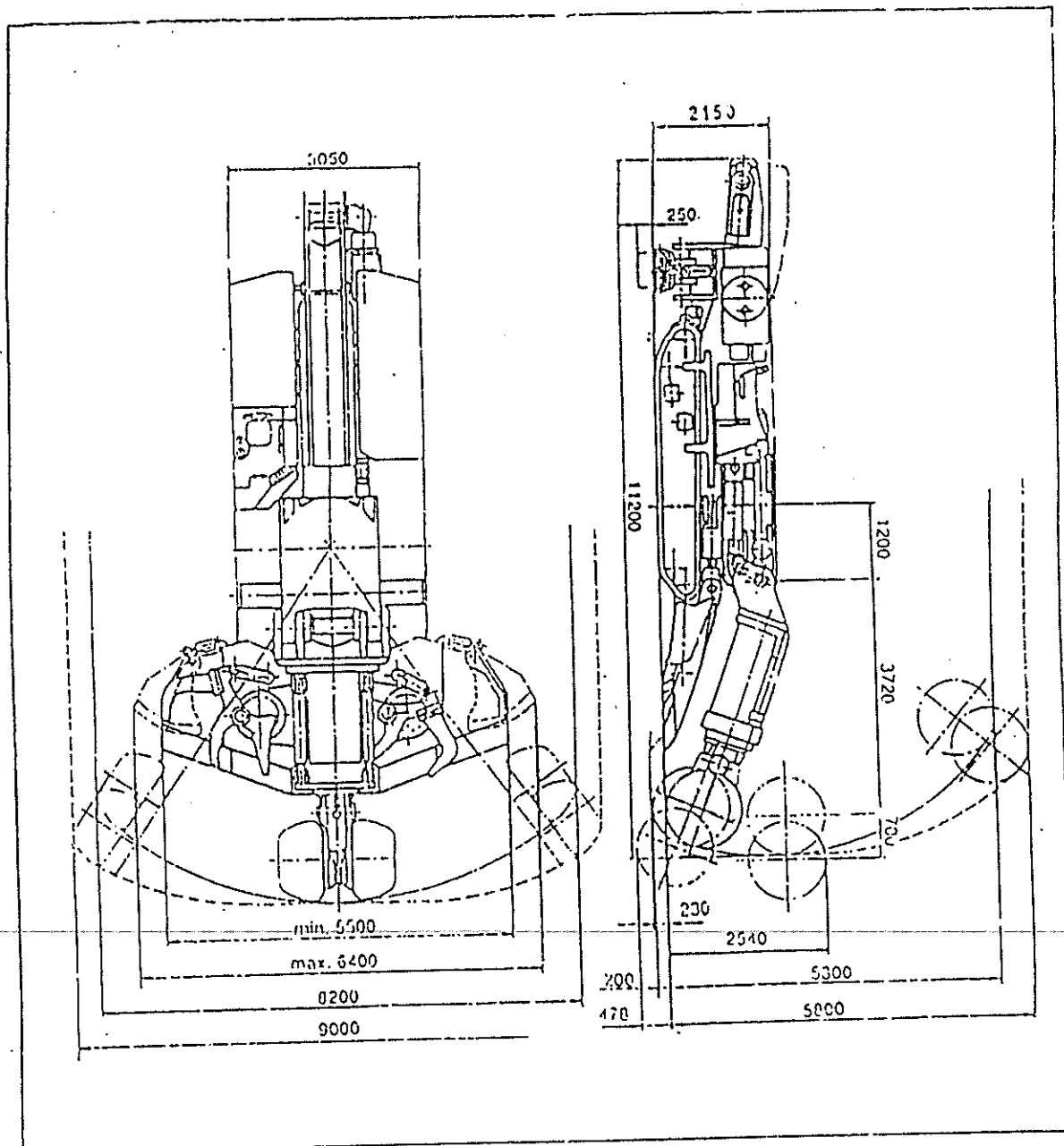
1. Pengenalan Alat Mesin Bor

“Road Header Drill Machine” adalah salah satu mesin bor mekanis yang digerakkan oleh tenaga listrik.

Pada mesin ini terdapat satu lengan penghancur batuan (“cutter boom”) dan pada bagian ujungnya terdapat drum mata bor yang dipakai untuk memotong batuan. Lengan pemotong batuan dapat diputar mengikuti ukuran/dimensi terowongan yang akan dibuat. Pada pembuatan terowongan dengan menggunakan alat ini, peledakan batuan tidak diperlukan lagi.



Gambar 4.1. Mesin Bor “Road Header”



Gambar 4.2.
Dimensi Mesin Bor "Road Header Alpine Tunnel Miner ATM - 105"

Pada alat ini juga sudah dilengkapi dengan alat penyanggan ("roof bolter") dan rantai berjalan ("chain conveyor") yang berfungsi untuk memindahkan batuan hasil pengurusan menuju Truck pengangkutan batuan.

2. Data Spesifikasi Mesin Bor

Tinggi alat	: 3,4 meter
Panjang alat	: 11,2 meter
Lebar alat (diluar putaran lengan Boom)	: 3,05 meter
Maksimum ketinggian penggalian	: 6,30 meter
Maksimum lebar penggalian	: 9,00 meter
Tenaga penggerak lengan pemotong	: 300 KW
Luas profil pemotongan maksimum	: 53,09 m ²
Kapasitas rantai berjalan	: 500 m ³ /jam
Kemampuan daya potong batuan	: 140 MPa
Tekanan terhadap lantai kerja	: 13 N/cm ²
Rencana kemajuan terowongan per hari	: 14 meter
Rencana kemajuan terowongan per bulan	: 350 meter

3. Penggunaan Tenaga Kerja

Penggunaan tenaga kerja pada pembuatan terowongan dengan menggunakan alat bor "Road Header" pada satu muka kerja adalah sebagai berikut :

Tabel IV.1. Tenaga Kerja pada Pembuatan Terowongan dengan Menggunakan Alat Bor "Road Header" pada Satu Muka Kerja

Macam Pekerjaan	Total Unit	Tenaga Kerja
Operator mesin bor	1	3
Mekanik mesin bor	-	1
Operator alat angkut EJC 430	3	3
Asisten pengawas ("leadhand")	-	1
Total	8	8