

DIKTAT KULIAH

PENGEMBANGAN TANAH MEKANIK (PTM) & ALAT-ALAT BERAT

BAGIAN III ALAT – ALAT GALI



OLEH

FILİYANTI TETA ATETA BANGUN, ST., M.Eng.

NIP. 19690626 199503 2 002

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
OKTOBER 2009**

KATA PENGANTAR

Pengembangan Tanah Mekanik dan Alat-Alat Berat (PTM & AB) merupakan mata kuliah pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU) Medan. Mengingat buku mengenai PTM & AB memang sangat jarang, dan yang ada hingga saat ini hanya satu yakni dalam edisi Bahasa Inggris, dan selebihnya, mahasiswa serta dosen mencari bahan-bahan pendukung materi kuliah melalui Internet, sehingga untuk itu penulis sebagai dosen mata kuliah PTM & AB mencoba menulis diktat ini.

Diktat PTM & AB ini dibuat berseri yakni Bagian I s/d Bagian VII, sementara Bagian IV dan V digabungkan karena cakupan materinya tidak luas. Adapun ke-7 bagian diktat PTM & AB yang disusun penulis adalah sbb.: Pengenalan Umum (Bagian I), Alat-Alat Gусur (Bagian II), Alat-Alat Gali (Bagian III), Grader dan Compactor (Bagian IV dan V), Truk (Bagian VI), Biaya Alat-Alat Berat (Bagian VII). Diktat PTM & AB Bagian I s/d VII ini ditulis sesuai dengan kurikulum dan silabus yang ditetapkan pada Departemen Teknik Sipil, oleh karena itu diharapkan diktat PTM & AB Bagian I s/d Bagian VII ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan dan menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi dalam perkuliahan terkait.

Dalam penulisan ke-7 bagian diktat PTM & AB ini, setiap modul (bagian) dilengkapi dengan contoh-contoh soal yang telah diselesaikan penulis maupun soal-soal latihan yang dikerjakan mahasiswa, dengan maksud agar mahasiswa dapat langsung mengaplikasikan teori yang mereka peroleh di kelas.

Semoga ke-2 seri diktat PTM & AB ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya mahasiswa. Penulis akan dengan senang hati menerima masukan yang bersifat membangun untuk penyempurnaan isi dari ke-7 seri diktat PTM & AB ini. Terimakasih.

Medan, Oktober 2009

Penulis,

Filiyanti Teta Ateta Bangun, S.T., M.Eng.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
III. Alat – Alat Gali.....	1
III.1. Umum.....	1
III.2. Power Shovel.....	1
III.2.1. Cara Kerja Power Shovel.....	1
III.2.2. Ukuran Shovel.....	2
III.2.3. Produksi Shovel.....	2
III.3. Dragline.....	4
III.3.1. Cara Kerja Dragline.....	5
III.3.2. Ukuran Dragline.....	5
III.3.3. Produksi Dragline.....	6
III.4. Clamshell.....	8
III.4.1. Bucket Clamshell.....	8
III.4.2. Kemampuan Clamshell.....	8
III.4.3. Produksi Clamshell.....	9
III.5. Cable Excavator.....	11
III.6. Backhoe.....	12
III.6.1. Cara Kerja Backhoe.....	12
III.6.2. Produksi Backhoe	13
III.7. Loader	16
III.7.1. Cara Kerja Loader.....	17
III.7.2. Produksi Loader.....	17
III.8. DaftarPustaka.....	21

DIKTAT KULIAH

PENGEMBANGAN TANAH MEKANIK (PTM)

&

ALAT-ALAT BERAT

BAGIAN III

ALAT - ALAT GALI

OLEH

FILİYANTI TETA ATETA BANGUN, ST., M.Eng.

NIP. 19690626 199503 2 002

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
OKTOBER 2009**

III. ALAT-ALAT GALI

III.1. UMUM

Alat-alat gali ini sering disebut sebagai **excavator**, yang mempunyai bagian-bagian utama antara lain :

1. Bagian atas yang dapat berputar (*revolving unit*);
2. Bagian bawah untuk berpindah tempat (*travelling unit*), dan
3. Bagian-bagian tambahan (*attachment*) yang dapat diganti sesuai pekerjaan yang akan dilaksanakan;

Attachment yang penting untuk diketahui adalah **crane, dipper shovel, backhoe, dragline dan clamshell**. Bagian bawah dari excavator ini ada yang digunakan roda rantai (track/crawler) dan ada yang dipasang di atas truck (truck mounted).

Pada umumnya excavator mempunyai tiga pasang mesin penggerak pokok ialah :

1. Penggerak untuk mengendalikan attachment, misalnya untuk gerakan menggali, mengangkat dan sebagainya.
2. Penggerak untuk memutar revolving unit berikut attachment yang dipasang pada unit tersebut
3. Penggerak untuk menjalankan excavator berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

Pada crawler mounted excavator, mesin penggerak pada umumnya bersumber pada power unit yang sama dengan mesin-mesin penggerak lainnya, sedang pada truck mounted excavator biasanya digunakan mesin khusus untuk berpindah tempat, dan dipilih yang RPM nya tinggi, agar diperoleh mobilitas yang tinggi.

Excavator adalah alat yang bekerjanya berputar bagian atasnya pada sumbu vertikal di antara sistem roda-rodanya, sehingga excavator yang beroda ban (truck mounted), pada kedudukan arah kerja attachment tidak searah dengan sumbu memanjang sistem roda-rodanya, sering terjadi proyeksi pusat berat alat yang dimuati berada di luar pusat berat dari sistem kendaraan, sehingga dapat menyebabkan alat berat terguling. Untuk mengurangi kemungkinan terguling ini diberikan alat yang disebut *out-riggers*.

III.2. POWER SHOVEL

Dengan memberikan *shovel attachment* pada *excavator* maka didapatkan alat yang disebut **power shovel**. Alat ini baik untuk **pekerjaan menggali tanah tanpa bantuan alat lain, dan sekaligus memuatkan ke dalam truk atau alat angkut lainnya**. Alat ini juga digunakan untuk membuat timbunan bahan persediaan (stock piling). Pada umumnya power shovel ini dipasang di atas crawler mounted, karena diperoleh keuntungan yang besar antara lain **stabilitas dan kemampuan floatingnya**. Power shovel di lapangan digunakan terutama untuk menggali tebing yang letaknya lebih tinggi dari tempat kedudukan alat.

Macam shovel dibedakan dalam dua hal, ialah **shovel dengan kendali kabel (cable controlled), dan shovel dengan kendali hidrolis (hydraulic controlled)**. Bagian-bagian yang terpenting dari shovel adalah sebagai berikut :

1. Bucket
2. Tangkai Bucket
3. Sling Bucket
4. Rol Ujung
5. Boom
6. Sling Boom
7. Penahan Boom
8. Mesin Penggerak
9. Counter Weight (pengimbang)
10. Kabin Operator
11. Under Carriage

III.2.1. Cara Kerja Power Shovel

Pekerjaan dimulai dengan menempatkan shovel pada posisi dekat tebing yang akan digali, dengan menggerakkan dipper/bucket ke depan kemudian ke atas sambil menggaruk tebing sedemikian rupa sehingga dengan garukan ini tanah masuk dalam bucket, jika bucket sudah penuh maka bucket ditarik

keluar. Operator yang telah berpengalaman dapat mengatur gerakan ini sedemikian rupa sehingga bucket sudah terisi penuh pada saat bucket mencapai bagian atas tebing.

Setelah terisi penuh, maka shovel dapat diputar (*swing*) ke kanan atau ke kiri menuju tempat yang harus diisi. Segera sesudah shovel tidak lagi dapat mencapai tebing dengan sempurna, maka shovel dapat digerakkan/berjalan menuju posisi baru hingga dapat bergerak seperti semula. **Pada dasarnya gerakan-gerakan selama bekerja dengan shovel ialah :**

1. Maju untuk menggerakkan dipper menusuk tebing,
2. Mengangkat dipper/bucket untuk mengisi,
3. Mundur untuk melepaskan dari tanah/tebing,
4. Swing (memutar) untuk membuang (*dump*),
5. Berpindah jika sudah jauh dari tebing galian, dan
6. Menaikkan/menurunkan sudut boom jika diperlukan.

III.2.2. Ukuran Shovel

Ukuran shovel didasarkan pada besarnya bucket yang dinyatakan dalam m^3 atau cu-yd, dan dibedakan dalam keadaan **isi peres (*struck*)** atau **munjung (*heaped*)**, juga dalam **kondisi tanah alam** atau **lepas**. Dalam perdagangan terdapat shovel dalam kapasitas bucket 0,50 ; 0,75 ; 1,00 ; 1,25 ; 1,50 ; 2,00 dan 2,5 cu-yd, sesuai ketentuan-ketentuan dari Power Crane & Shovel Association (PCSA). Untuk ukuran-ukuran yang lebih besar dapat dibuat sesuai dengan permintaan.

Untuk memilih ukuran shovel ada beberapa faktor, antara lain **banyaknya volume pekerjaan**, bila harus mengerjakan **banyak pekerjaan kecil-kecil di tempat-tempat yang berjauhan satu sama lain**, maka pemilihan **shovel dengan truck mounted** merupakan keuntungan yang tidak kecil artinya. Sebaliknya jika **pekerjaan terpusat di satu tempat dengan jumlah besar**, mobilitas tidak begitu penting, dan **crawler mounted shovel** lebih menguntungkan. Pemilihan **shovel dengan ukuran yang besar** dipertimbangkan atas dasar sebagai berikut:

1. Pengangkutan shovel merupakan usaha yang sulit, jadi harus dipertimbangkan jalan angkut yang ada.
2. Pengausan bagian-bagian/spare parts shovel ukuran besar relatif besar pula, karena pekerjaan yang dilakukan juga besar.
3. Pada pekerjaan di quarry, shovel besar tidak perlu terlebih dahulu menghancurkan batu-batu.
4. Biaya untuk operator untuk shovel besar relatif lebih kecil, karena produksinya besar.
5. Shovel besar lebih mampu mengerjakan material yang keras karena tenaganya lebih besar.
6. Waktu penyelesaian pekerjaan lebih cepat.

Keterangan :

- B : panjang boom
- D : tinggi buang maks.
- E : radius buang maks.
- G : tinggi gali maks.
- sI : dalam gali maks.
- J : radius gali maks.
- X : sudut putar boom

III.2.3. Produksi Shovel

Dalam menghitung **produksi shovel** perlu diperhatikan **cycle time** selama operasi berlangsung. **Satu cycle time terdiri dari menggali/ mengisi bucket, berputar (*swing*), membuang (*dump*) dan berputar (*swing*) ke posisi semula**. Faktor-faktor selama operasi, keadaan medan dan hambatan-hambatan lain perlu pula dipertimbangkan, karena akan mempengaruhi produksi shovel.

1. Pengaruh tinggi tebing galian terhadap produksi shovel :

Tinggi tebing galian yang paling baik ialah yang sedemikian besarnya, sehingga pada waktu dipper/bucket mencapai titik tertinggi tebing sudah penuh terisi, dengan tidak perlu memberikan beban yang berlebihan pada mesin. Tinggi tebing yang demikian disebut dengan **tinggi optimal**, yang bagi shovel-shovel yang dibuat menurut spesifikasi PCSA untuk masing-masing ukuran shovel dan macam tanah yang digali diberikan seperti pada Tabel III-1.

Tabel III-1 Produksi Ideal Power Shovel dan Tinggi Gali Optimal

Jenis Tanah	Ukuran Power Shovel, cu-yd								
	3/8	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
Lempung berpasir, basah	3,8 85	4,6 115	5,3 165	6,0 205	6,5 250	7,0 285	7,4 320	7,8 355	8,4 405
Pasir dan kerikil	3,8 80	4,6 110	5,3 155	6,0 200	6,5 230	7,0 270	7,4 300	7,8 330	8,4 390
Tanah biasa, baik	4,5 70	5,7 95	6,8 135	7,8 175	8,5 210	9,2 240	9,7 270	10,2 300	11,2 350
Tanah lempung, keras	6,0 50	7,0 75	8,0 110	9,0 145	9,8 180	10,7 210	11,5 235	12,2 265	13,3 310
Batu ledakan, baik	- 40	- 60	- 95	- 125	- 155	- 180	- 205	- 230	- 275
Lempung lekat, basah	6,0 25	7,0 40	8,0 70	9,0 95	9,8 120	10,7 145	11,5 165	12,2 185	13,3 230
Batu ledakan, jelek	- 15	- 25	- 50	- 75	- 95	- 115	- 140	- 160	- 195

Catatan : * angka yang di atas = tinggi gali optimal (ft)

* angka yang di bawah = produksi ideal shovel (cu-yd/jam) BM

Angka-angka dalam Tabel III-1 tersebut adalah angka praktek, meskipun tidak tepat benar dapat digunakan sebagai titik tolak perencanaan pekerjaan penggalian tebing. Bila tinggi tebing kurang optimal maka tidak mungkin mengisi bucket sekaligus penuh dalam satu pass tanpa memberikan beban lebih pada mesin. Hal ini akan menyebabkan cepat rusaknya mesin, maka **operator dapat memilih dua kemungkinan**, ialah mengisi bucket penuh dalam beberapa kali pass atau membiarkan bucket tidak terisi penuh langsung di-dump, tentu saja dua hal tersebut akan mempengaruhi produksi shovel. Sebaliknya bila tebing lebih tinggi dari optimal, operator harus hati-hati agar tidak terjadi lubang-lubang dalam tebing, yang dapat mengakibatkan longsohnya tebing tersebut dan menimpa shovel. Operator dapat memilih menggali dengan mengurangi tenaga tekan pada bucket ke dalam tebing, atau penggalian tidak dimulai dari dasar tebing, atau menggali secara normal tetapi membiarkan tanah tumpah dari bucket dan mengambil pada cycle berikutnya. Ketiga hal tersebut akan mengurangi produksi shovel.

2. Pengaruh sudut putar (swing) terhadap produksi shovel :

Sudut putar shovel adalah sudut dalam bidang horizontal antara kedudukan dipper/bucket pada waktu menggali dan pada waktu membuan muatan, yang dinyatakan dalam derajat. **Besarnya sudut putar ini mempengaruhi cycle time pekerjaan, sehingga mempengaruhi produksi shovel.** Pada Tabel III-2 diberikan faktor koreksi produksi shovel untuk sudut putar dan prosen tinggi galian optimal.

Tabel III-2 Faktor Koreksi Sudut Putar dan % Tinggi Gali Optimal pada Produksi Power Shovel

% Tinggi Optimal	Sudut Putar (Swing), Derajat						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0,93	0,89	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
60	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,66
80	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71
120	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
160	1,03	0,96	0,90	0,85	0,5	0,67	0,62

3. Pengaruh keadaan medan (job condition) terhadap produksi shovel :

Produksi shovel sangat ditentukan oleh keadaan medan tempat alat tersebut bekerja. **Tempat penggalian yang ideal antara lain memenuhi syarat** lantai kerja yang keras, drainasi baik, tempat kerja luas, truk pengangkut dapat ditempatkan pada kedua sisi sehingga tinggi optimal terpelihara, jalan angkut tidak terpengaruh keadaan musim, perbandingan yang sesuai antara produksi shovel

dengan truk pengangkutnya. Keadaan medan ini dinyatakan sebagai sangat baik, baik, sedang dan kurang menguntungkan, tetapi tidak ada ukuran yang eksak untuk menyatakan ini.

4. Pengaruh keadaan manajemen (management conditions) terhadap produksi shovel :

Pengaruh manajemen ini menyangkut tindakan pemilik/pemakai alat dalam menggunakan dan memelihara kondisi alat. Beberapa hal yang mempengaruhi kondisi antara lain pemberian minyak pelumas, pencekan bagian-bagian shovel sebelum digunakan, penggantian dipper/operator atau suku cadang lain yang perlu, pemberian bonus pada pekerja/operator dan lain-lainnya. Keadaan manajemen diklasifikasikan sebagai sangat baik, baik, sedang dan kurang menguntungkan. Tabel III.3 memberikan faktor-faktor koreksi pengaruh keadaan medan dan manajemen.

Tabel III-3 Faktor Koreksi Keadaan Medan dan Keadaan Manajemen

Keadaan Medan	Keadaan Manajemen			
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Kurang
- Sangat baik	0,84	0,81	0,76	0,70
- Baik	0,78	0,75	0,71	0,65
- Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
- Kurang	0,63	0,61	0,57	0,52

Contoh 3-1 : Sebuah shovel bucket 1 cu-yd menggali tanah lempung keras berupa tebing dengan ketinggian 2,30 meter. Sudut putar (swing) 75°, kondisi medan sedang, kondisi manajemen baik. Berapakan produksi shovel perjamnya ?

Hitungan : Dari Tabel III-1 untuk tanah lempung keras dengan ukuran bucket 1 cu-yd diperoleh :

- Produksi ideal 145 cu-yd/jam (BM)
 - Tinggi gali optimal 9 ft = 2,75 meter
- % tinggi gali optimal : $\frac{2,30}{2,75} \times 100\% = 83,64\%$

Swing 75° ---- dari Tabel III.2 diperoleh faktor koreksi 1,05 (interpolasi lurus)

Keadaan medan sedang ; keadaan manajemen baik, dari Tabel III-3 : faktor koreksi 0,69

Jadi produksi shovel :
 = 145 x 1,05 x 0,69
 = 105,05 cu-yc/jam (BM) atau
 = 80,32 m³/jam (BM)

III.3. DRAGLINE

Dragline adalah alat untuk menggali tanah dan memuatkan pada alat-alat angkut, misalnya truk, traktor penarik gerobag, atau ke tempat penimbunan yang dekat dengan galian. Pada umumnya power shovel samapai dengan kapaitas 2,5 cu-yd dapat diubah menjadi dragline, dengan melepas boom dan shovel diganti boom dan bucket dragline.

Untuk beberapa proyek, power shovel atau dragline digunakan untuk menggali, tetapi dalam beberapa hal dragline mempunyai keuntungan, yang umumnya dikarenakan oleh keadaan medan dan bahan yang perlu digali. Dragline biasanya tiak perlu masuk ke dalam tempat galian untuk melaksanakan pekerjaannya, dragline dapat bekerja dengan ditempatkan pada lantai kerja yang baik, kemudian menggali pada tempat yang penuh air atau berlumpur. Jika hasil galian terus dimuat ke dalam truk, maka truk tidak perlu masuk ke dalam lubang galian yang kotor dan berlumpur yang menyebabkan terjebaknya truk tersebut. Dragline sangat baik untuk penggalian pada parit-parit, sungai yang tebingnya curam, sehingga kendaraan angkut tidak perlu masuk ke lokasi penggalian.

Satu kerugian dalam menggunakan dragline untuk menggali ialah produksinya yang rendah, antara 70% - 80% dibandingkan dengan power shovel untuk ukuran yang sama.

Macam dragline ada tiga tipe ialah *Crawler Mounted* , *wheel Mounted* dan *truck Mounted*. *Crawler Mounted* digunakan pada tanah-tanah yang mempunyai daya dukung kecil, sehingga floatingnya besar, tetapi kecepatan gerakanya rendah dan biasanya diperlukan bantuan alat angkut untuk membawa alat sampai ke lokasi pekerjaan.

III.3.1. Cara Kerja Dragline

Penggalian dimulai dengan swing pada keadaan bucket kosong menuju ke posisi menggali, pada saat yang sama drag cable dan hoist cable dikendorkan, sehingga bucket jatuh tegak lurus ke bawah.

Keterangan :

1. Hoist Cable
2. Boom
3. Dump Cable
4. Hoist Chain
5. Drag Chain
6. Drag Cable
7. Bucket

Sesudah sampai di tanah maka drag cable ditarik, sementara hoist cable di "mainkan" agar bucket dapat mengikuti permukaan tebing galian sehingga dalamnya lapisan tanah yang terkikis dalam satu pass dapat teratur, dan terkumpul dalam bucket. Kadang-kadang hoist cable dikunci pada saat penggalian, berarti pada saat drag cable ditarik, bucket bergerak mengikuti lingkaran yang erpusat pada ujung boom bagian atas. Keuntungan cara ini ialah bahwa tekanan gigi bucket ke dalam tanah adalah maksimal.

Operator yang berpengalaman dapat melemparkan bucket jauh ke depan dengan tujuan untuk mendapatkan lebar galian yang besar. Lemparan ini dilakukan dengan cara menarik bucket dan drag cable sedemikian rupa hingga mendekati pangkal boom, kemudian secara mendadak dilepaskan, maka bucket akan terayun ke depan. Untuk memberi percepatan, hoist cable ditarik. Setelah tercapai kecepatan yang cukup, hoist cable dilepas, maka bucket jatuh bebas menuju titik permukaan tanah yang dikehendaki. Lemparan bucket ini juga dapat dilakukan dengan tenaga swing dari excavatornya sendiri, yang disebut dengan *swing throw*, dan ini hanya boleh dilakukan oleh operator yang benar-benar berpengalaman, karena cara pengoperasiannya sulit dilakukan.

Setelah bucket terisi penuh, sementara drag cable masih ditarik, hoist cable dikunci sehingga bucket terangkat lepas dari permukaan tanah. Hal ini untuk menjaga agar muatan tidak tumpah, juga dijaga posisi dump cable tetap tegang dan tidak berubah kedudukannya. Kemudian dilakukan swing menuju tempat (dump)nya material dari bucket. Sebaiknya truk ditempatkan sedemikian rupa sehingga swing tidak melewati kabin truk. Jika bucket sudah ada di atas badan truk, drag cable dikendorkan, bucket akan terjungkir ke bawah dan muatan tertuang.

III.3.2. Ukuran Dragline

Ukuran dragline ditunjukkan dari ukuran bucketnya. Yang dinyatakan dalam cu-yd, pada umumnya sama dengan ukuran bucket power shovel. Dragline dapat menggunakan lebih dari satu ukuran bucket, tergantung pada panjang boom dan jenis tanah yang digali. Batasan kapasitas angkut maksimal adalah beban yang menyebabkan miringnya alat, sehingga diperlukan pengukuran ukuran bucket jika boom yang digunakan panjang atau jika material mempunyai berat volume yang besar.

Keterangan :

- A : radius buang
- B : tinggi buang
- C : dalam gali maks.
- D : panjang lmpar
- J : panjang boom
- K : sudut boom

III.3.3. Produksi Dragline

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dragline antara lain macam tanah yang digali, dalamnya galian, sudut swing, ukuran bucket, panjang boom, keadaan medan dan tempat kerja, keadaan manajemen, ketrampilan operator, keadaan dragline serta truk-truk pengangkutnya. Seperti halnya pada power shovel, produksi dragline dinyatakan dalam cu-yd atau m³ dalam keadaan bank, sedang ukuran bucket dinyatakan dalam keadaan kosong.

1. Pengaruh dalam galian pada produksi dragline:

Dalamnya tebing galian optimal adalah kedalaman yang memberikan produksi yang maksimal, yang didapat dari pengamatan dan pengalaman yang oleh Power Crane & Shovel Association diberikan dalam Tabel III-4.

Tabel III-4 Produksi Ideal Dragline Boom Pendek dan Dalam Gali Optimal

Jenis Tanah	Ukuran Bucket (cu-yd)								
	3/8	0,50	0,75	1	1,25	1,50	1,75	2	2,50
Lempung berpasir basah	5,0	5,5	6,0	6,6	7,0	7,4	7,7	8,0	8,5
	70	95	130	160	195	220	245	265	305
Pasir dan kerikil	5,0	5,5	6,0	6,6	7,0	7,4	7,7	8,0	8,5
	65	90	125	155	185	21	235	255	295
Tanah biasa baik	6,0	6,7	7,4	8,0	8,5	9,0	9,5	9,9	10,5
	55	75	105	135	165	190	210	230	265
Lempung keras	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	11,8	12,3
	35	55	90	110	135	160	180	195	230
Lempung lekat basah	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	11,8	12,3
	20	30	55	75	95	110	130	145	175

Catatan : * angka yang di atas = tinggi gali optimal (ft)

* angka yang di bawah = produksi ideal (cu-yd/jam BM)

1. Pengaruh swing dan % dalam galian pada dragline :

Seperti pada produksi shovel, % dalam gali optimal akan mempengaruhi produksi dragline. Hubungan antara % dalam gali optimal dan sudut swing terhadap koreksi produksi dragline diberikan seperti pada Tabel III-5;

2. Pengaruh Keadaan Medan dan Keadaan Manajemen:

Pengaruh keadaan medan dan keadaan manajemen pada produksi dragline sama pada power shovel, sehingga untuk faktor koreksinya dapat digunakan Tabel III-3

3. Pengaruh pemilihan ukuran dan tipe bucket pada produksi dragline :

Dalam memilih ukuran dan tipe bucket mempunyai pengaruh pada produksi dragline, karena bucket yang berat akan mempunyai sendiri yang besar. Untuk mengurangi kerugian oleh berat bucket.

Tabel III-5 Faktor Koreksi Swing dan % Dalam Gali Optimal Pada Produksi Dragline

% Dalam Gali Optimal	Sudut Swing, Derajat							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1,06	0,99	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,70
40	1,17	1,08	1,02	0,97	0,93	0,85	0,78	0,72
60	1,24	1,13	1,06	1,01	0,97	0,88	0,80	0,74
80	1,29	1,17	1,09	1,04	0,99	0,90	0,82	0,76
100	1,32	1,19	1,11	1,05	1,00	0,91	0,83	0,77
120	1,29	1,17	1,09	1,03	0,98	0,90	0,82	0,76
140	1,25	1,14	1,06	1,00	0,96	0,88	0,81	0,75
160	1,20	1,10	1,02	0,97	0,93	0,85	0,79	0,73
180	1,15	1,05	0,98	0,94	0,90	0,82	0,76	0,71
200	1,10	1,00	0,94	0,90	0,87	0,79	0,73	0,69

Maka setiap ukuran ada 3 macam bucket yang disesuaikan dengan pekerjaannya. Macam bucket tersebut:

- Heavy Duty**, bucket untuk pekerjaan berat misalnya menggali batu-batuan, hasil tambang,
- Medium Duty**, bucket untuk pekerjaan sedang misalnya menggali kerikil, lempung,
- Light Duty**, bucket untuk pekerjaan ringan misalnya menggali lempung berpasir, pasir, lumpur.

Tabel III-7 Kapasitas dan Berat Bucket Dragline

Ukuran (Cu-yd)	Kapasitas (Cu-yd)	Berat Bucket (lbs)		
		Light Duty	Medium Duty	Heavy Duty
3/8	11	760	880	-
0,5	17	1.275	1.460	2.100
0,75	24	1.640	1.850	2.875
1,0	32	2.220	2.945	3.700
1,25	39	2.410	3.300	4.260
1,50	47	3.010	3.750	4.525
1,75	53	3.375	4.030	4.800
2,0	60	3.925	4.825	5.400
2,25	67	4.100	5.350	6.250
2,5	74	4.310	5.675	6.540
2,75	82	4.950	6.225	7.390
3,0	90	5.560	6.660	7.920

Contoh 3.2 : Dragline dengan boom pendek kapasitas 2 cu-yd digunakan untuk menggali tanah lempung kersa.

Dalam galian 4,70 meter, swing 120°, kondisi manajemen baik medan kerja baik. Berapakah prakiraan produksi Dragline tersebut ?

Hitungan : Tanah lempung keras; bucket 2 cu-yd, Tabel III-4; Produksi ideal = 195 cu-yd/jam (BM)
H optimum = 11,8 ft (3,599 meter)

$$\% H \text{ opt.} = \frac{4,7}{3,599} \times 100\% = 130,59\%; \text{ swing} = 120^\circ, \text{ Tabel III-5 Faktor Koreksi} = 0,899$$

(interpolasi lurus)

Medan baik; manajemen baik, Tabel III-3; faktor koreksi 0,75

$$\text{Produksi} = 195 \times 0,889 \times 0,75 = 130,02 \text{ cu-yd/jam (BM) atau}$$

$$= 99,41 \text{ m}^3/\text{jam (BM)}$$

Contoh 3-3: Dragline 2 cu-yd dengan bucket medium duty menggali tanah dengan berat volume 90 lb/cu-ft(LM). Panjang boom 80 ft, kemampuan angkat 8.600 lbs.

Dapatkan alat tersebut bekerja ?

Hitungan :

- Bucket 2 cu-yd berat (Tabel III.6)	= 4.825 lb
- Berat tanah : 60 x 90	= 5.400 lb +
Berat Total	= 10.225 lb

Berat total 10.225 lb > 8.600 lb, jadi dragline tidak mampu bekerja.

Dipilih bucket yang lebih kecil, coba bucket 1,5 cu-yd medium duty.

- Berat bucket	= 3.750 lb
- Berat tanah	= 4.230 lb +
Berat Total	= 7.980 lb < 8.600 lb

Beberapa tindakan untuk mempertinggi produksi dragline antara lain dengan pemeliharaan alatnya. Agar dragline tetap dapat bekerja dengan baik, maka perlu tindakan-tindakan sebagai berikut :

- Ketajaman gigi bucket perlu dipelihara dengan ukuran-ukuran yang tepat.
- Penggalian harus dilaksanakan lapis demi lapis agar tidak terjadi jalur-jalur seperti selokan.
- Kemiringan tebing tepi tetap terpelihara agar selalu menuju excavator, sehingga tidak terbentuk goa-goa dalam tebing galian.
- Drag-Cable dijaga agar tidak terseret di atas tanah.
- Bucket segera diangkat setelah terisi penuh.
- Harus dijaga agar tidak melakukan swing pada waktu menggali, karena boom dapat tertekuk ke samping.

- g. Untuk material yang berat agar bekerja dengan sudut yang besar (boom diangkat), swing dilakukan hati-hati.
- h. Apabila muatan terlalu berat, bucket harus segera dijatuhkan agar alat tidak terguling.
- i. Ikalan-ikalan kabel harus tetap dijaga agar tidak *nglokor* atau tumpang tindih secara tidak beraturan.

III.4. CLAMSHELL

Clamshell adalah alat gali yang mirip dengan dragline yang hanya tinggal mengganti bucketnya saja. Clamshell terutama digunakan untuk mengerjakan bahan-bahan lepas, seperti pasir, kerikil, lumpur dan lain-lainnya. Batu pecah dan batubara dapat juga diangkut secara massa oleh clamshell ini.

Cara kerja clamshell dengan mengisi bucket, mengangkat secara vertikal ke atas, kemudian gerakan swing dan mengangkutnya ke tempat yang dikehendaki di sekelilingnya untuk kemudian ditumpahkan ke dalam truk, atau alat-alat angkut lain, atau hanya menimbun saja. Karena cara mengangkat dan membuang muatan vertikal, maka clamshell cocok untuk pekerjaan pengisian pada hopper yang lebih tinggi letaknya.

III.4.1. Bucket Clamshell

Bucket Clamshell dibuat dalam berbagai ukuran, seperti juga pada Dragline, **ukuran bucket Clamshell dibedakan dalam pemakaiannya**. Untuk pekerjaan beratnya digunakan *heavy duty bucket*, untuk pekerjaan sedang atau pekerjaan yang umum (*pygeneral purpose*) digunakan *medium weight bucket*, dan untuk pekerjaan ringan digunakan *light weight bucket*. **Heavy duty bucket** dilengkapi dengan gigi-gigi untuk penggalian material berat, sedang **light bucket** tanpa dilengkapi gigi-gigi untuk penggalian material ringan yang lepas.

Keterangan :

1. Rahang
2. Sumbu utama
3. Brackets
4. Sumbu kepala
5. Dig Cable (kabel takel)
6. Hoist cable
7. Kepala
8. Katrol/counterweight

Deck area adalah luas permukaan yang ditutup oleh proyeksi bucket diatas permukaan tersebut dengan keadaan rahang terbuka maksimal (gambar III-9.C). Gambar III-9.a keadaan bucket waktu menutup, sedang gambar III-9.b keadaan waktu bucket membuka maksimal.

Bucket bergantung pada kepala dengan hoist cable, dalam keadaan menggantung ini dig cable dilepas, karena berat sendiri katrol/counterweight pada sumbu utama, maka rahang membuka. Untuk menutupkan rahang dig cable ditarik, maka katrol akan terangkat dan rahang akan menutup.

Berat bucket sangat berpengaruh pada kemampuan gali Clamshell, misalnya pada heavy duty bucket dapat menggali tanah yang cukup keras kecuali bahan batuan yang kompak, tetapi berat bucket akan menambah beban, sehingga akan mengurangi daya gunanya. Light duty bucket dapat bekerja lebih cepat dengan beban bucket yang ringan, tetapi tidak mampu menggali tanah keras, dan akan cepat rusak jika dipaksakan. Maka biasanya digunakan medium duty bucket atau all purpose bucket yang umum penggunaannya.

III.4.2. Kemampuan Clamshell

Kemampuan clamshell ditentukan oleh **batas-batas gaya angkat crane yang diberikan**. Terutama pada mobile cranes, gaya angkat diberikan secara teliti untuk menghindari tergulingnya alat. Biasanya gaya angkat maksimal diberikan atas dasar 75% kekuatan yang tersedia pada mesin dan 85% dari beban yang dapat menggulingkan crane. Pada crawler crane jarak antara pasangan crawler dibuat lebih besar daripada yang khusus dibuat untuk shovel, juga counterweight yang dipasang sebagai imbalan terhadap beban, dibuat lebih besar.

Gaya angkat Clamshell berangsur-angsur turun dengan bertambahnya jarak jangkauan boom. Jarak ini dapat diperbesar dengan memperpanjang boom, seperti terlihat pada Tabel III-7 adalah Crane P&H model 255A TC, standard boom adalah 30 ft dengan extensions kerja dengan clamshell agar selalu diusahakan penggunaan boom yang sependek mungkin, supaya dapat bekerja dengan maksimal gaya angkat crane-nya, serta sudut swing yang sekecil-kecilnya untuk memperkecil cycle time.

Tabel III-7 Kapasitas Crane Model 255A.Tc (lbs)

Radius Operasi (ft)	Panjang Boom (ft)						
	30	40	50	60	70	80	90
10	27.500	27.200	26.900	.....	.....	.....	.....
	<i>40.000</i>	<i>39.500</i>	<i>39.000</i>	.....	.....	.....	.....
12	20.700	20.400	20.100	.....	.....	.....	.....
	<i>40.000</i>	<i>39.500</i>	<i>39.000</i>	<i>38.000</i>	.....	.....	.....
15	15.500	15.200	14.900	.....	.....	.....	.....
	<i>36.800</i>	<i>36.300</i>	<i>35.800</i>	<i>31.000</i>	<i>30.500</i>	.....	.....
20	10.500	10.200	9.900	.....	.....	.....	.....
	<i>23.200</i>	<i>22.900</i>	<i>22.600</i>	<i>22.300</i>	<i>22.000</i>	<i>21.700</i>	<i>21.400</i>
25	8.000	7.700	7.400	.....	.....	.....	.....
	<i>17.200</i>	<i>16.900</i>	<i>16.600</i>	<i>16.300</i>	<i>16.000</i>	<i>15.700</i>	<i>15.400</i>
30	6.400	6.100	5.800	.....	.....	.....	.....
	<i>13.000</i>	<i>12.700</i>	<i>12.400</i>	<i>12.100</i>	<i>11.800</i>	<i>11.500</i>	<i>11.200</i>
35	.....	5.100	4.800	.....	.....	.....	.....
		<i>10.600</i>	<i>10.300</i>	<i>10.000</i>	<i>9.700</i>	<i>9.400</i>	<i>9.100</i>
40	.....	4.250	3.950	.....	.....	.....	.....
		<i>8.400</i>	<i>8.100</i>	<i>7.800</i>	<i>7.500</i>	<i>7.200</i>	<i>6.900</i>
45	.....	.....	3.200	.....	.....	.....	.....
			<i>6.600</i>	<i>6.300</i>	<i>6.000</i>	<i>5.700</i>	<i>5.400</i>
50	.....	.....	2.700	.....	.....	.....	.....
			<i>5.500</i>	<i>5.200</i>	<i>4.900</i>	<i>4.600</i>	<i>4.300</i>
55	.....	.....	.....	4.400	4.100	3.800	3.500
60	.....	.....	.....	3.800	3.500	3.200	2.900
65	.....	.....	.....	.....	3.000	2.700	2.400
70	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2.000

Catatan : angka yang dicetak miring = Crane bekerja dengan Outriggers

Maksimal panjang boom untuk Clamshell hanya diperbolehkan 50 ft, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. *Single Part Hoist Line* untuk beban sampai dengan 8.000 lbs.
2. *Two Part Hoist Line* untuk beban sampai dengan 16.000 lbs.
3. *Three Part Hoist Line* untuk beban sampai dengan 24.000 lbs.
4. *Four Part Hoist Line* untuk beban sampai dengan 32.000 lbs.
5. *Five Part Hoist Line* untuk beban sampai dengan 40.000 lbs.

III.4.3. Produksi Clamshell

Sebelum bekerja dengan Clamshell, pertama-tama dipilih panjang boom dan sudut kerja boom yang paling menguntungkan. Hal-hal yang mempengaruhi antara lain gaya mampu crane, jarak penggalian, dan tinggi pembuangan. Pada Tabel III.8 diberikan beberapa ukuran *medium weight bucket* (general purpose type Clamshell bucket) yang umum digunakan.

Tabel III-8 Spesifikasi Medium Weight Bucket Clamshell

	Ukuran Bucket (cu-yd)								
	3/8	0,50	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,50
Kapasitas, (cu-ft)									
- Water level	8,0	11,5	15,6	23,3	27,6	33,0	38,0	47,0	52,0
- Plate line	11,0	15,6	21,9	32,2	37,6	43,7	51,5	60,0	75,4
- Heaped	13,0	18,8	27,7	37,4	45,8	55,0	64,8	74,0	90,2
Berat (lbs)									
- Bucket	1.662	2.120	2.920	3.870	4.400	5.310	5.440	6.000	7.775
- Katrol	230	300	400	400	400	500	500	600	600
- Rahang	180	180	180	180	180	190	266	300	390
- Berat total	2.072	2.600	3.500	4.450	4.980	6.000	6.206	6.900	8.765
Ukuran (ft)									
- Lebar	2,5	2,5	3	3	3,42	3,75	4	4,25	4,5
- Tinggi membuka	7,08	7,83	9,08	9,75	10,25	10,75	10,25	11,5	13
- Tinggi menutup	5,75	6,33	7,33	7,83	8,25	8,75	8,75	9,25	10,33

Contoh 3-3 : Clamshell mengangkat tanah dengan berat volume 90 lb/cu-ft (LM), jangkauan maksimal 30 ft. Tanah diisikan ke hopper setinggi 25 ft dari muka tanah, ukuran bucket 1,25 cu-yd (medium weight), digunakan crane model 255.ATC. Berapakah panjang boom yang diperlukan?

Pada Tabel III-8 untuk bucket 1,25 cu-yd tinggi membuka 10,25 ft (h), untuk hoist line ditentukan 5 ft.

Jadi tinggi boom ujung yang diperlukan :
 $25 + 10,25 + 5 = 40,25 \text{ ft}$

$$\text{arc.tg } \alpha = \frac{40,25}{30} \rightarrow \alpha = 53,30^\circ \approx 5^\circ$$

$$\text{Jadi panjang boom} = \frac{30}{\cos \alpha} = \frac{30}{\cos(55)} = 52,3 \text{ ft} \approx \text{ft}$$

Dipilih panjang boom 50 ft (batas maksimal), dengan radius operasi 30 ft didapatkan beban maksimal yang mampu diangkat (Tabel III-7) 12.400 lbs (dengan outrigger dan two part hoist line).

Cek berat tanah dan bucket :

- berat bucket (Tabel III-8) = 4.980 lbs
- berat tanah (plat line) : $\frac{37,6 \times 90}{100} = 3.384 \text{ lbs}$
- T o t a l = 9.102 lbs

Dengan kapasitas munjung berat total tanah + bucket 9.102 lbs < 12.400 lbs crane dapat bekerja.

Contoh 3-4: Clamshell dengan ukuran 1,5 cu-yd medium weight bucket digunakan untuk memindahkan pasir dari stockpile ke hopper setinggi 25 ft di atas permukaan tanah. Sudut

swing 90°, berat volume pasir 99 lbs/cu-ft (LM), spesifikasi Crane model 255A. TC, kecepatan hoist line 153 fpm, kecepatan swing 4 rpm. Berapakah produksi Clamshell perjamnya jika efisiensi kerja 50 menit perjam ?

- berat bucket = 6.000 lbs
- berat tanah : 99×55 = 5.445 lbs (heaped)
- Total = 11,445 lbs

Dipilih ukuran boom seperti pada contoh 3-3, panjang boom 50 ft, jangkauan 30 ft, kemampuan angkat 12.400 lbs. OK!

Cycle time :

- isi bucket (diperkirakan) = 6 detik
- angkat : $\frac{25}{153} \times 60$ = 9,8 detik
- swing : $\frac{90}{360} \times 60$ = 3,75 detik
- buang = 4 detik
- swing kembali = 3,75 detik
- waktu hilang = 4 detik
- T = 33,3 detik = 0,555 menit

$$\begin{aligned} \text{Produksi Clamshell} &= \frac{60}{0,555} \times 55 \times \frac{50}{60} \\ &= 4.959 \text{ cu-ft/jam (LM)} \\ &= 130 \text{ m}^3/\text{jam (LM)} \end{aligned}$$

III.5. CABLE EXCAVATOR

Untuk penggalian material yang letaknya jauh di bawah permukaan tanah, dapat menggunakan *dragline*, tetapi radius operasi *dragline* terbatas oleh panjang boom dan ukuran/tipe bucket yang digunakan. Untuk mengatasi penggalian yang radius operasinya besar dan letaknya di bawah permukaan, misalnya pada danau, rawa dan sebagainya, dapat menggunakan *Cable Excavator* atau *Long Line Excavator*, atau *Slack Line Excavator*.

Cable Excavator adalah alat gali dengan lintasan kerja bucket diantara kepala tower (menara) dan angkur yang letaknya di seberang tempat yang digali. Sebagai tower (mast) dapat menggunakan rangka baja atau dapat juga digunakan *Crawler Crane*, sedangkan angkur pada tempat yang di seberang posisinya dapat digeser-geser, tergantung frekwensi penggalian. Jika angkur yang di seberang dipasang mati, penggalian akan berlangsung pada lintasan yang tetap, hal ini akan menimbulkan alur galian sehingga tidak efisien. Untuk mengatasi lebar penggalian dipasang dua angkur yang dihubungkan dengan dua kabel, sehingga ujung kabel excavator dapat digeser-geser di antara ujungangkur yang satu dengan ujung angkur yang lain. Pada gambar III-13 dapat dilihat pemasangan tower/mast yang tetap dan dua angkur (*shifting device*) di ujung yang berseberangan.

Cable Excavator dengan ukuran bucket samapai dengan 4 cu-yd biasa digunakan untuk menggali pasir atau kerikil, yang letaknya dalam air dengan lokasi luas. Muatan dapat dibuang ke hopper atau hanya ditimbun saja sebagai stockpile. Jika harus dibuang ke hopper, tinggi tower harus ditentukan sedemikian sehingga waktu membuang, bucket tidak menyentuh dengan hopper. Jangkauan penggalian *Cable Hopper* ini kira-kira 1.000 ft (300 meter), walaupun sudah dipaksakan dengan membuat *shifting device* yang lebar.

Cara kerjanya ialah dengan meluncurkan bucket karena berat sendiri ke arah ujung, tarck cable dikendorkan hingga bucket menyentuh tanah, kemudian bucket ditarik dengan load cable hingga terisi tanah. Jika bucket sudah penuh terisi muatan, tarck cable dikencangkan, bucket terangkat dan ditarik ke arah tower/mast, kemudian muatan dibuang ke hopper atau hanya ditimbun saja. Setelah isi bucket dituang, bucket kembali diluncurkan ke tempat penggalian untuk mulai menggali lagi seperti semula.

Apabila digunakan crane sebagai pengganti tower, maka angkur ujung dapat digantikan traktor dengan *crawler mounted*, hal ini digunakan agar jangkauan operasi tidak terlalu besar. Perlu diketahui bahwa cara ini memerlukan tenaga mesin crane 50% lebih besar dibanding tenaga crane untuk *dragline*.

Untuk menghitung produksi, maka didapat dengan menghitung cycle time yang diperlukan untuk setiap kali menggali dan membuang. Waktu yang diperlukan antara lain :

1. Meluncurkan bucket ke tempat galian,
2. Menggali tanah.
3. Mengangkat dan menarik bucket, dan
4. Membuang.

Besarnya cycle time ini akan sangat tergantung pada ketrampilan operator, kondisi medan dan kondisi manajemen serta ukuran bucket yang digunakan.

III.6. BACKHOE

Backhoe sering juga disebut *Pull Shovel*, adalah alat dari golongan shovel yang khusus dibuat untuk menggali material di bawah permukaan tanah atau di bawah tempat kedudukan alatnya. Galian di bawah permukaan ini misalnya parit, lubang untuk pondasi bangunan, lubang galian pipa dan sebagainya. Keuntungan backhoe ini jika dibandingkan dragline dan clamshell ialah karena backhoe dapat menggali sambil mengatur dalamnya galian yang lebih baik. Karena kekakuan konstruksinya, backhoe ini lebih menguntungkan untuk penggalian dengan jarak dekat dan memuatkan hasil galian keruk.

Keterangan :

1. Boom
2. Stick, tangkai bucket
3. Gantry
4. Bucket
5. Drag Cable
6. Hoist Cable

Tipe backhoe dibedakan dalam beberapa hal antara lain dari alat kendali dan *undercarriage*-nya. Sebagai alat kendali dapat digunakan kabel (*cable controlled*) atau hidrolis (*hydraulic controlled*), dan sebagai *undercarriage*-nya dapat digunakan *crawler mounted* atau roda karet (*wheel mounted*). Pada gambar III-16 diberikan beberapa bagian-bagian penting dari backhoe dengan alat kendali cable. Tetapi pada umumnya backhoe dengan alat kendali kabel untuk saat ini sudah jarang dijumpai, dan yang banyak dijumpai backhoe adalah dengan kendali hidrolis.

III.6.1. Cara Kerja Backhoe

Sebelum mulai bekerja dengan *backhoe* sebaiknya pelajari lebih dulu kemampuan alat seperti yang diberikan oleh pabrik pembuatnya, terutama mengenai jarak jangkauan, tinggi maksimal pembuangan dan dalamnya galian yang mampu dicapai, karena kemampuan angkat alat ini tidak banyak berpengaruh terhadap kemampuan standar alatnya.

Untuk mulai menggali dengan backhoe bucket dijulurkan ke depan ke tempat galian, bila bucket sudah pada posisi yang diinginkan lalu bucket diayunkan ke bawah seperti dicangkulkan, kemudian lengan bucket diputar ke arah alatnya sehingga lintasannya seperti terlihat pada gambar III-18. Setelah bucket terisi penuh lalu diangkat dari tempat penggalian dan dilakukan swing, dan pembuangan material hasil galian dapat dilakukan ke truk atau tempat yang lain. Pada penggalian parit, letak track traktor harus sedemikian rupa sehingga arahnya sejajar dengan arah memanjang parit, kemudian backhoe berjalan mundur.

Kemampuan jangkauan backhoe diberikan contoh untuk alat buatan Carterpillar dan Komatsu seperti Tabel III-9 dan III-10.

Tabel III-9 Jangkauan dan Kapasitas Bucket Backhoe Carterpillar

Tipe	Stick (mm)	Tinggi Buang (mm)	Jangkauan Maks. (m)	Dalam Gali Maks. (m)	Kapasitas Bucket Heaped (m ³)
215	1800	5,46	8,43	5,39	0,380 sd. 0,960
	2200	5,44	8,69	5,77	
	2800	5,69	9,25	6,38	
225	1980	5,82	9,24	5,97	0,570 sd. 1,24
	2440	5,79	9,58	6,43	
	3050	5,99	10,16	7,04	
235	2440	6,25	10,69	6,86	0,880 sd. 2,100
	2900	6,35	11,10	7,32	
	3660	6,81	11,91	8,08	
245	2590	7,65	12,47	7,88	1,530 sd. 3,012
	3200	7,27	12,52	8,49	
	4420	7,95	14,02	9,71	

Pada Backhoe Carterpillar ini stick dapat diatur dalam 3 kedudukan ialah : stick dalam keadaan dipendekkan, sedang, dan dalam keadaan dijulurkan.

Keterangan :

A : tinggi buang maksimal

B : jangkauan maksimal

C : dalam gali maksimal

Tabel III-10 Jangkauan dan Kapasitas Bucket Backhoe Komatsu

Model	Tinggi Buang (m)	Dalam Gali (m)	Jangkauan (m)	Kapasitas Bucket (m ³)	
				Peres	Munjung
PC 10-2	2,26	2,1	3,375	0,05	0,06
PC 20-2	2,345	2,455	4,345	0,06	0,07
PC 40-2	3,13	3,17	5,47	0,11	0,12
PC 60-1	3,41	3,80	6,01	0,25	0,28
PC60L-1	3,46	3,75	5,99	0,25	0,28
PC 100-1	4,98	4,60	7,17	0,40	0,44
PC 100L-1	5,19	4,40	7,12	0,40	0,44
PC 120-1	5,22	5,00	7,54	0,45	0,50
PC 200-1	6,24	5,84	9,19	0,70	0,75
PC 220-1	6,54	6,64	10,00	0,90	1,00
PC 300-1	7,00	6,54	10,42	1,20	1,30
PC 400-1	7,51	7,55	11,55	1,60	1,80
PW 60-1	3,73	3,48	5,925	0,25	0,28
PW 60N-1	3,73	3,48	5,925	0,25	0,28

III.6.2. Produksi Backhoe

Untuk menghitung produksi backhoe faktor yang mempengaruhi adalah kapaitas bucket, dalam galian, jenis material yang digali, sudut swing dan keadaan manajemen/medan. Produksi backhoe secara umum dapat ditentukan dengan rumus.

$$\text{Produksi} = \frac{60}{T} \times BC \times JM \times FF \quad \text{m}^3/\text{jam (LM)}$$

- Dengan :
- T : cycle time (menit)
 - BC : kapasitas bucket (m³)
 - JM : kondisi manajemen dan medan kerja, Tabel III-3

Karena ada dua contoh backhoe yang dikemukakan di sini, yaitu Caterpillar & Komatsu, maka untuk menghitung cycle time digunakan cara-cara tersendiri sesuai petunjuk dari pabrik pembuatnya.

a. Produksi Backhoe menurut Caterpillar

Produksi dengan petunjuk yang ada, cycle time untuk Caterpillar dipengaruhi oleh keadaan medan kerja yang dibedakan dalam lima keadaan, yaitu sebagai berikut.

- a). Mudah** : ialah keadaan penggalian yang mudah, misalnya tanah tidak kompak, pasir, kerikil, dll. Kedalaman galian lebih kecil dari 40%, kemampuan alat maksimal, sudut swing kurang dari 30°. Tidak ada gangguan, buang/muat pada truk atau stockpile, operator baik.
- b). Sedang** : ialah keadaan penggalian yang sedang, misalnya lempung kering, tanah dengan kandungan batu kurang dari 25%. Kedalaman galian sampai dengan 70% kemampuan alat maksimal, sudut swing sampai dengan 90°, pemuatan ke truk dengan jumlah banyak.
- c). Agak sulit** : ialah keadaan penggalian pada batu-batuan, lapisan tanah keras, kedalaman galian di atas 90% dari kemampuan alat, swing lebih 120°. Kondisi galian sempit, tempat buang/muat sempit dengan jangkauan maksimal, ada gangguan pekerja pada tempat kerja.
- d). Sulit** : ialah keadaan penggalian tanah keras dengan kandungan batu 75%, kedalaman galian 90% dari kemampuan alat maksimal, swing sampai dengan 120°. Tempat buangnya sempit, tempat kerja sulit.
- e) Sangat sulit** : ialah keadaan penggalian pada batu-batuan, lapisan tanah keras, kedalaman galian diatas 90% dari kemampuan alat, swing lebih dari 120°. Kondisi galian sempit, buang/muat sempit dengan jangkauan maksimal, ada gangguan pekerja pada tempat kerja.

Pada setiap menggali, bucket tidak terlalu penuh, hal ini tergantung dari material yang digali maka perlu ada faktor pengisian atau fill factor, seperti ditunjukkan pada Tabel III-11.

Tabel III-11 Fill Factor untuk Caterpillar

	B a h a n	Fill Factor
1.	Tanah lempung kepasiran	100 - 110%
2.	Pasir atau kerikil	95 - 100%
3.	Lempung keras, tanah keras	80 - 90%
4.	Batu pecah abik	60 - 75%
5.	Batu pecah jelek	40 - 50%

Contoh 3-5 : Backhoe Caterpillar tipe 225 stick 2440 menggali parit dengan kedalaman 4,5 meter. Tanah jenis lempung keras, sudut swing maksimal 90°. Ukuran bucket yang digunakan 1 m³, medan baik dan manajemen sedang. Berapa produksi backhoe perjamnya?
Untuk tanah keras dengan sudut swing 90°

$$\% \text{ gali} = \frac{4,5}{6,43} \times 100\% = 69,98\% \text{ atau kira - kira}$$

70% → termasuk penggalian agak sulit

Cycle time :

$$T = 25 \text{ detik} = 0,4167 \text{ menit}$$

$$\text{Fill factor} = 80\%$$

$$JM = 0,71 \text{ (baik/sedang)}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= \frac{60}{0,4167} \times 1,0 \times 0,80 \times 0,71 \\ &= 81,78 \text{ m}^3/\text{jam (LM)} \end{aligned}$$

b. Produksi Backhoe Menurut Komatsu

Berbeda dengan Caterpillar, Komatsu sebagai pabrik pembuat alat berat memberikan cara menghitung perkiraan produksi Backhoe tersendiri dengan rumus :

$$\text{Produksi} = \frac{60}{T} \times BC \times JM \times BF \quad \text{m}^3/\text{jam (LM)}$$

- Keterangan : T : cycle time
 BC : kapasitas bucket (m³)
 JM : kondisi manajemen dan medan kerja
 BF : factor pengisian bucket

Faktor pengisian bucket (BF) ialah keadaan pengisian pada waktu menggali yang kadang-kadang penuh, kadang-kadang peres dan mungkin mala kurang. Sehingga pada waktu menggali tidak selalu munjung terus atau peres terus. Faktor pengisian ditunjukkan pada Tabel III-12

Tabel III-12 Faktor Pengisian Bucket Komatsu

	Kondisi muatan	Faktor
MUDAH	Gali dan muatan material dari stockpile, atau material yang sudah digusur dengan alat lain, sehingga tidak diperlukan tenaga menggali yang besar dan bucket dapat penuh Misal : tanah pasir, tanah gembur.	0,8 – 1,0
SEDANG	Gali dan muat dari stockpile yang memerlukan tekanan yang cukup, kapasitas bucket kurang dapat munjung. Misal : pasir kering, tanah lempung lunak, kerikil.	0,6 – 0,8
AGAK SULIT	Sulit untuk mengisi bucket pada jenis material yang digali Misal : batu-batuan, lempung keras, kerikil berpasir, tanah berpasir, Lumpur.	0,5 – 0,6
SULIT	Menggali pada batu-batuan yang tidak beraturan bentuknya yang sulit diambil dengan bucket. Misal : batu pecah dengan gradasi jelek.	0,4 – 0,5

Untuk menghitung cycle time yang diperlukan untuk menggali, swing dua kali dan buang/memuatkan ke truck dapat digunakan table-Tabel berikut :

$$T = t_1 + 2 t_2 + t_3$$

- Keterangan :**
 T = cycle time
 t₁ = waktu menggali
 t₂ = waktu swing
 t₃ = waktu membuang

Tabel III-13 Waktu Untuk Menggali (detik)

Kondisi Penggalian Dalam Galian	Mudah	Sedang	Agak Sulit	Sulit
< 2	6	9	15	26
2 m – 4 m	7	11	17	28
> 4	8	13	19	30

Tabel III-14 Waktu untuk swing (detik)

Swing (Derajat)	Waktu
45° - 90°	4 - 7
90° > 4	5 - 8

Waktu untuk membuang atau memuatkan:

- Tempat buang sempit, misalnya truck = 5 - 8 detik
- Tempat buang longgar, misalnya stockpile = 3 - 6 detik

Contoh 3 - 6 : Untuk menggali parit sedalam 4,5 meter digunakan backhoe PC 120 - 1 Komatsu. Sudut swing 90°, tanah lempung lunak, swell 30%. Kondisi medan baik, manajemen baik, tanah hasil galian diangkut dengan truk.

Berapakah prakiraan produksi backhoe perjamnya ?

- Bucket factor untuk tanah lempung lunak 0,80
- Kapasitas bucket PC 120-1=0,45 m³ peres (table III-10)
- JM = 0,75 (baik/baik)
- Cycle time : - gali dalam 4,5 m \

kondisi sedang $t_1 = 13$ detik
 - swing 90° → $t_2 = 7$ detik
 - buang ke truk → $t_3 = 8$ detik
 $T = 13 + 2 \times 7 + 8 = 35$ detik atau
 = 0,58 menit

$$\text{Produksi} = \frac{60}{0,858} \times 0,45 \times 0,080 \times 0,75$$

$$= 27,93 \text{ m}^3/\text{jam (LM)}$$

III.7. Loader

Loader adalah alat pemuat material hasil galian/gusuran alat galian yang tidak dapat langsung dimuatkan ke alat angkut, misalnya bulldozer, grader dan lain-lainnya. Pada prinsipnya loader adalah alat pembantu untuk memuatkan dari stockpile ke kendaraan angkut atau alat-alat lain, di samping dapat juga berfungsi untuk pekerjaan awal yang umum, misalnya clearing ringan, menggusur bongkaran, menggusur tonggak kayu kecil, menggali pondasi basement dan lain-lain. Sebagai pengangkut material dalam jarak pendek juga lebih baik daripada bulldozer, karena pada bulldozer ada material yang tercecer, sedang pada loader material tidak ada yang tercecer.

Macam loader ditinjau dari alat Bergeraknya dibedakan dua macam, ialah **loader dengan roda rantai (crawler loader) dan loader dengan roda karet, (wheel loader)**. Sedang jika ditinjau dari alat kendali bucket, ada yang dikendalikan dengan kabel dan ada yang dikendalikan secara hidrolis. **Untuk wheel loader sendiri dibedakan dalam dua macam ialah :**

- Rear Stear*, dengan alat kemudi berada di belakang,
- Articulated Wheel loader*, kemudi ada di depan dan roda depan atau bucket dapat dibelokkan membuat sudut sampai 40° dari sumbu memanjang alat.

Untuk bekerja dengan *loader* perlu diperhatikan stabilitas alat pada waktu membawa muatan/beban, harus dijaga agar alat tidak terguling ke depan. Untuk bekerja dengan loader terdapat adanya *Static Tipping Load*, ialah berat minimal beban pada pusat berat beban bucket yang menyebabkan terangkatnya bagian belakang alat untuk Crawler Loader, atau terangkatnya roda belakang alat untuk Wheel Loader.

Static Tipping Load dihitung berdasar keadaan berikut :

- loader bekerja pada permukaan tanah keras & statis,
- unit alat bekerja pada standard operasinya,
- bucket dalam posisi miring ke belakang,
- bucket pada posisi memuat maksimal ke depan.

Dari Static Tipping Load yang tersedia pada alat, maka kemampuan angkat operasinya (*operating Load*) dapat diambil sebesar 50% dari static tipping load untuk wheel loader, sedang untuk crawler loader dapat diambil sebesar 35% dari static tipping load alatnya. Hal ini ditentukan berdasarkan standard SAE (Society Automotive Engineers).

III.7.1. Cara Kerja Loader

Loader bekerja dengan gerakan-gerakan dasar pada bucket dan cara membawa muatan untuk dimuatkan ke alat angkut atau alat yang lain. Gerakan bucket yang penting ialah menurunkan bucket di atas permukaan tanah, mendorong ke depan (memuat/menggosur), mengangkat bucket, membawa dan membuang muatan.

Apabila material harus dimuatkan ke alat angkut, misalnya truk, ada beberapa cara-cara pemuatan ialah :

- V loading*, ialah cara pemuatan dengan lintasan seperti bentuk huruf V,
- loading*, truk berada di belakang loader, kemudian lintasan seperti membuat garis tegak lurus,
- Cross loading*, cara pemuatan dengan truk juga ikut aktif,
- Overhead loading*, dengan Loader khusus, bucket dapat digerakkan melintasi di atas kabin operator.

III.7.2. Produksi Loader

Untuk menghitung produksi loader, faktor yang mempengaruhi adalah **ukuran bucket, cycle time dan kondisi kerja/efisiensi kerja**. Seperti halnya pada alat lain, cycle time untuk loader terdiri atas "**fixed time**" (**waktu tetap**) dan "**variable time**" (**waktu tidak tetap**), waktu tetap yang diperlukan ialah untuk gerakan-gerakan berikut :

- Raise Time*, ialah waktu dalam detik, yang diperlukan untuk menurunkan bucket dari posisi dasar ke atas permukaan tanah.
- Lower Time*, ialah waktu dalam detik, yang diperlukan untuk menurunkan bucket kosong dari posisi tertinggi pada posisi dasar.
- Dump Time*, ialah waktu dalam detik, yang diperlukan untuk menggerakkan bucket dari posisi muat maksimal untuk membuang muatan (dump).

Untuk pemilihan alat yang akan digunakan beberapa urutan hitungan/prakiraan yang perlu adalah sebagai berikut.

- Hitung terlebih dahulu produksi yang diperlukan.
- Hitung prakiraan cycle time-nya.
- Tentukan besarnya beban angkut persiklus dalam volume (m^3) atau dalam berat (kg).
- Pilihlah ukuran bucket.
- Pilihlah ukuran alat dengan ukuran bucket dan beban angkat yang sesuai dengan produksi yang harus dihasilkan.

a. Produksi Wheel Loader menurut Caterpillar

Caterpillar memberikan *basic cycle time* antara 0,45-0,55 menit, yang didasarkan pada permukaan tanah keras, dan didasarkan pada 4 gerakan dasar, serta sudah termasuk muat, buang dan angkut dalam jarak minimal. Beberapa model wheel loader caterpillar diberikan sebagai contoh seperti pada table III-15.

Tabel III-15. Wheel Loader Caterpillar

Model	Kapasitas Bucket (m^3)		Static Tipping Load (kg)	
	Munjung	Peres	Lurus	Membuat sudut 35 ^o
910	1,00	0,67	4.504	4.062
920	1,15	0,91	5.923	5.443
930	1,53	1,15	7.230	6.676
950B	2,40	2,03	10.360	9.550
966D	3,10	2,60	13.774	12.667
980C	4,00	3,45	18.490	16.945
988B	5,40	4,50	22.450	20.290
992C	10,32	8,56	48.133	43.206

Faktor-faktor yang akan mempengaruhi basic cycle time adalah material yang dibawa, asal material, tempat pembuangan, dan akan keadaan alat-alat sendiri. Tabel III-16 menunjukkan factor-faktor tersebut.

Tabel III-16. Faktor Cycle Time Wheel Caterpillar

Kondisi Material	Penambahan/Pengurangan Waktu (Menit)
1. Bahan	
a. Campuran	+ 0,02
b. Diameter sampai dengan 3mm	+ 0,02
c. Φ 3mm - Φ 20mm	- 0,02
d. Φ 20mm - Φ 150mm	0
e. $\Phi \geq 150$ mm	+ 0,03 atau lebih
f. Asli atau pecah/hancur	+ 0,04 atau lebih
2. Mengambil dari timbunan	
a. Hasil timbunan dari conveyor atau dozer ≥ 3 m	0
b. Hasil timbunan dari conveyor atau dozer < 3 m	+ 0,01
c. Hasil buangan truk	+ 0,02
3. Lain-lain	
a. Truk dan loader milik sendiri	
b. Truk dan loader bukan milik sendiri	- 0,04 atau lebih
c. Operasi tetap	+ 0,04 atau lebih
d. Operasi tidak tetap	- 0,04 atau lebih
e. Tempat buang sempit	+ 0,04 atau lebih
f. Tempat buang luas	+ 0,04 atau lebih

Karena jumlah tiap kali membawa material tidak selalu tepat dengan kapasitas bucket, ada kalanya bucket dapat penuh, tetapi ada kalanya kurang penuh, hal ini tergantung material yang dibawa, maka perlu adanya koreksi *Bucket Fill Factor (BFF)* seperti yang diberikan di bawah ini.

Tabel III-17. Bucket Wheel Loader Caterpillar

Bahan	BFF (%)
1. Material Lepas	
a. Butiran basah tercampur	95 - 100
b. Butiran seragam sampai dengan 3mm	95 - 100
c. Butiran 3mm - 9mm	90 - 95
d. Butiran 12mm - 20mm	85 - 90
e. 24mm	85 - 90
2. Material Pecah	
a. Gradasi baik	80 - 85
b. Gradasi sedang	75 - 80
c. Gradasi jelek	60 - 65

Contoh 3-7: Suatu proyek membutuhkan material 250 t/jam untuk dimuatkan ke truk. Jenis material kerikil 9 mm, dari stockpile setinggi 6 meter, berat volume 1660/m³. Truk kapasitas 9 m³ yang dimiliki oleh tiga kontraktor, cara muat tetap, permukaan tanah keras.

Cycle Time :

- basic cycle time = 0,5 menit
- material 9 mm = - 0,02 menit
- truk sewa = + 0,04 menit
- operasi tetap = - 0,02 menit
- stockpile 6 m = 0 menit

$$\begin{aligned}
 T &= 0,50 \text{ menit} \\
 \text{Jumlah siklus} &= \frac{60}{0,50} = 120 \text{ siklus/jam} \\
 \text{Berat material } 1660 \text{ kg/m}^3 &= 1,66 \text{ t/m}^3 \\
 \text{Produksi yang dibutuhkan rata-rata} &= \frac{250}{1,66} = 150 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume yang dibutuhkan per-siklus} &= \frac{250}{120} = 1,25 \text{ m}^3 \\
 \text{Bucket Fill Factor} &= 0,95 \\
 JM &= 0,75 \text{ (baik/baik)} \\
 \text{Kapasitas bucket yang diperlukan} &= \frac{1,25}{0,95 \times 0,75} = 1,754 \text{ m}^3 \\
 \text{Kapasitas angkat yang dibutuhkan} &= 1,754 \times 1660 = 2912 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dipilih Loader 950B :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas angkat} &= 50\% \times 9550 \text{ kg} = 4775 \text{ kg} > 2912 \text{ kg} \\
 \text{Kapasitas bucket } 2,03 \text{ m}^3 : & \\
 2,03 \times 1660 &= 3368,8 \text{ kg} < 4775 \text{ kg} \\
 \text{OK! Loader tidak terguling.}
 \end{aligned}$$

b. Produksi Wheel Loader menurut Komatsu.

Menurut Komatsu untuk menghitung produksi wheel loader digunakan rumus berikut :

$$\text{Produksi} = \frac{60}{T} \times BC \times JM \times BFm^3 / \text{jam}(LM)$$

Keterangan :
 T = cycle time (menit)
 BC = kapasitas bucket (m³)
 JM = kondisi manajemen dan medan kerja
 BF = faktor pengisian bucket

Kapasitas bucket dan kemampuan alat dapat ditentukan dari Tabel III-18.

Tabel III-18. Kemampuan Wheel Loader Komatsu

Model	Kapasitas Bucket (m ³)	Static Tipping Load (kg)		Kecepatan (km/jam)	
		Lurus	Membelok	Peres	Mundur
W.20	0,60	2.400	2.150	7,5-25	5-10
W.20	0,80	2.940	2.635	7,5-25	5-10
W.20	1,20	4.350	3.800	7,2-34,5	7,2-35
W.20	1,40	5.170	4.240	7,6-38,1	7,6-38,3
W.20	1,70	6.690	6.080	7,1-34,5	7,1-34,5
W.20	2,30	9.670	8.700	7,5-30,4	8,0-32,3
W.20	3,30	13.150	11.840	7,1-30	7,5-32,3
W.20	3,50	14.300	12.900	7-40	7-40
W.20	5.70	27.200	24.450	7.2-32.6	7.2-32.6

Untuk menentukan cycle time dibedakan dalam cara pemuatan sebagai berikut :

- Cara pemuatan cross loading $T = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$
- Cara pemuatan *V Loading* atau *loading* $T = 2\left(\frac{D}{F} + \frac{D}{R}\right) + Z$
- Cara pemuatan *load and carry*

Keterangan :
 T = cycle time
 D = jarak angkut (meter)
 F = kecepatan maju (meter/menit)

R = kecepatan mundur (meter/menit)

Z = waktu tetap/Fixed time (menit)

Waktu tetap adalah waktu yang dibutuhkan untuk pindah gigi, muat, putar, buang dan waktu tunggu dari truk, yang dinyatakan dalam menit. Besarnya waktu tetap ditentukan dari Tabel III-19.

Tabel III-19. Waktu Tetap untuk Wheel Loader Komatsu (menit)

Cara Muat	Loading	Cross Loading	Load & Carry
Direct drive	0,25	0,35	-
Hydraulic shift driver	0,20	0,30	-
Torqlow drive	0,20	0,30	0,35

Karena pada setiap mengambil/memuat tanah bucket dari loader tidak selalu penuh, maka perlu dikoreksi dengan bucket fill factor yang besarnya tergantung material yang dimuat, dan dapat ditentukan dari Tabel III-12.

Contoh 3-8: Sebuah Wheel Loader Komatsu W.170 dengan bucket 3,5 m³ bekerja untuk memuatkan tanah ke truk dengan kondisi sebagai berikut :
Operasi cross loading, dengan hydraulic shift drive, jarak angkut 10 meter.
Tanah dari jenis lempung berpasir dengan berat volume 1640 kg/m³. Kondisi medan baik, manajemen baik.

BF = 0,9 (Tabel III-12)
Kecepatan maju = 7 km/jam
Kecepatan mundur = 7 km/jam
Cycle time T =
Catatan : 1 km/jam = 16,667 meter/menit
F = 7 x 0,8 = 5,6 km/jam = 93,3 m/menit
R = 7 x 0,8 = 5,6 km/jam = 93,3 m/menit
Z = 0,3 (Tabel III-19)
T =
Produksi =
Cek terhadap kestabilan alat.
STL = 12.900 kg (waktu membelok)
Kapasitas angkat = 50% x 12.900 = 6.450 kg
Berat muatan = 3,5 x 1640
= 5740 kg Kap.angkat 6.450 kg
Loader aman bekerja !!!

III.8. DAFTAR PUSTAKA

1. Handbook of Caterpillar (*the Internet downloaded, 2009*);
2. Handbook of Komatsu (*the Internet downloaded, 2009*);
3. Peurifoy, P.E., Ledbetter, W.B., Schexnayder, C.J., *Construction Planning, Equipment, And Methods*, The McGraw-Hill Companies, Inc., NY, 2007.