

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Pendahuluan

Segala macam kegiatan atau pekerjaan yang memiliki hubungan dengan kegiatan penggalian (*digging; breaking; loosening*), pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling; transporting*), penimbunan (*dumping; filling*), perataan (*spreading; leveling*) dan pemadatan (*compacting*) tanah atau batuan dengan alat-alat mekanis atau alat-alat besar disebut pemindahan tanah mekanis.

Pekerjaan-pekerjaan itu banyak terlihat di bidang pekerjaan/bangunan sipil, seperti : pembuatan jalan raya, dam-dam, tanggul, saluran irigasi, kanal, lapangan terbang, dll. Disamping itu juga dilakukan pada tambang-tambang terbuka, terutama pada pengupasan lapisan tanah atas (*stripping of overburden*) dan pembuatan jalan-jalan lainnya yang menuju ke tambang tersebut.

Salah satu kegiatan utama dalam pemindahan tanah mekanis yaitu penggalian menggunakan alat gali muat. Kegiatan ini merupakan suatu kegiatan pertama pada saat akan melakukan kegiatan penambangan. Baik dalam kegiatan mengupas tanah pucuk atau *top soil* sebagai bagian lapisan kerak bumi yang paling atas, ataupun untuk mengupas lapisan tanah penutup atau *overburden* selanjutnya dalam pengambilan batubara pun menggunakan alat gali muat dari yang berukuran paling kecil sampai berukuran yang paling besar.

Pemilihan serta penggunaan alat gali muat tidak dapat dipilih secara sembarangan harus mempertimbangkan berbagai faktor baik yang berasal dari dalam maupun lingkungan tempat alat gali muat tersebut bekerja.

Pada penelitian ini, alat gali muat yang dianalisis adalah merupakan *excavator* yang bekerja dalam kegiatan pengupasan tanah pucuk (*top soil*) ataupun tanah penutup (*overburden*). *Excavator* yang diteliti adalah *backhoe* Hitachi EX2500 dan Liebherr 994. Pada saat melakukan pekerjaannya, *excavator* tersebut banyak mengalami tantangan dalam melakukan kegiatan produksi sehingga perlu diamati produktivitasnya dengan melihat berbagai macam faktor yang mempengaruhi produktivitas alat tersebut.

3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas *excavator*

3.2.1 Sifat dan Karakteristik Material

Pada saat melakukan analisis produktivitas dari sebuah *excavator*, selain melihat dari target produktivitas yang diharapkannya juga harus diperhatikan faktor material yang dihadapi oleh sebuah *excavator* ataupun material yang digunakan sebagai pijakan *excavator* tersebut dalam bekerja dikarenakan mempengaruhi produktivitas dari *excavator* tersebut. Sifat dan karakteristik material diantaranya dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1.1 Bobot isi material (*density*)

Bobot isi dari material merupakan suatu keterangan yang menyatakan kerapatan partikel-partikel dari suatu material. Secara teoritis, bobot isi material dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara massa dari suatu material dengan volume material tersebut. Bobot isi sangat berpengaruh bagi waktu pada saat *excavator* melakukan pemuatan.

3.2.1.2 Pengembangan material (*material swell*)

Material yang ada di alam biasa ditemukan dalam keadaan yang masih alami dan terkonsolidasi dengan baik serta jarak antar partikel juga cukup rapat dan sedikit adanya rongga-rongga yang diisi oleh udara. Beberapa pengertian yang menyatakan keadaan dari suatu material diantaranya :

- Keadaan alami (*bank*)

Merupakan keadaan dari suatu material pada keadaan yang alami yang belum terganggu oleh faktor luar seperti penggalian, penggaruan, peledakan ataupun yang lainnya. Keadaan alami biasa dinyatakan dengan satuan volume yang disebut *Bank Cubic Meter* (BCM) yang didefinisikan sebagai volume 1 m^3 dari suatu material dalam keadaan alami.

- Keadaan gembur (*loose*)

Merupakan keadaan dari suatu material yang telah mengalami gangguan dari luar sehingga material ini memiliki rongga-rongga yang lebih besar untuk diisi oleh udara. Keadaan gembur biasa dinyatakan dengan satuan volume yang disebut *Loose Cubic Meter* (LCM) yang didefinisikan sebagai volume material sebesar 1 m^3 dalam keadaan *loose*.

- Keadaan terpadatkan (*compacted*)

Merupakan keadaan suatu material pada saat setelah mengalami pemadatan yang dinyatakan dengan satuan volume yang disebut *Compacted Cubic Meter* (CCM) yang didefinisikan sebagai volume 1 m^3 material yang telah dipadatkan.

Dari berbagai macam pengertian keadaan dari material yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat terlihat bahwa material yang banyak terdapat di lapangan adalah material alami/*insitu/bank*, namun pada saat material tersebut digali ataupun dimampatkan terjadi suatu pengembangan serta pemampatan volume dari material alami sehingga perlu faktor yang digunakan sebagai gambaran pengembangan atau

pemampatan dari suatu material. Faktor-faktor pengembangan dari suatu material dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{"percent swell"} = \left(\frac{V_{loose}}{V_{bank}} - 1 \right) \times 100\% \dots\dots\dots 3.1$$

$$\text{"swell factor"} = \left(\frac{V_{bank}}{V_{loose}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

$$\text{"shrinkage factor"} = \left(1 - \frac{V_{compacted}}{V_{bank}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots 3.3$$

3.2.1.3 Kekerasan Material

Salah satu faktor material yang berpengaruh secara langsung terhadap kinerja sebuah *excavator* adalah kekerasan material. Semakin keras material yang digali oleh sebuah *excavator* maka semakin sulit *excavator* tersebut dalam menggali. Maka dengan itu produktivitas dari sebuah *excavator* akan menurun akibat adanya penambahan waktu pada saat kegiatan penggalian material.

3.2.1.4 Tahanan Gali (*digging resistance*)

Tahanan gali adalah tahanan yang dialami oleh *excavator* pada saat melakukan kegiatan penggalian. Tahanan gali disebabkan oleh :

- Gesekan antara material yang digali dengan *excavator*. Pada umumnya semakin besar kelembaban dan kekasaran butiran material, semakin besar pula gesekan yang terjadi.
- Kekerasan material pada umumnya berbanding lurus dengan tahanan gali terhadap *excavator* yang bekerja.
- Kekasaran (*roughness*) dan ukuran butiran material.

- Adanya adhesi antara material dengan *excavator* dan kohesi antara butir-butir material itu sendiri.

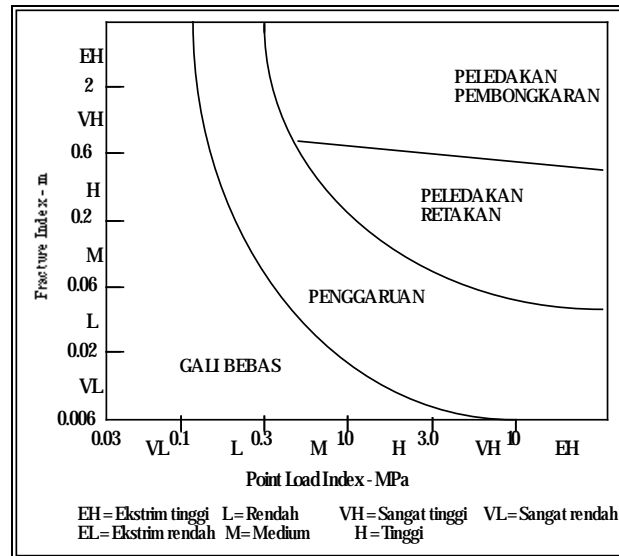
Batuan memiliki sifat-sifat tertentu yang dibagi menjadi dua bagian yaitu sifat fisik serta sifat mekanik. Sifat fisik batuan diantaranya yaitu bobot isi (densitas), berat jenis, porositas, absorpsi serta void ratio. Sedangkan yang termasuk sifat mekanik dari batuan yaitu kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas serta nisbah poisson. Kuat tekan uniaksial (UCS) digunakan dalam penentuan metode penggalian, apakah dapat digali langsung ataupun harus seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1

Kriteria penggalian berdasarkan UCS (Bienawski)

Metode	σ_c (MPa)	Peralatan konvensional yang dibutuhkan
<i>Free Digging</i>	1 – 10	<i>Shovel/Loader/Bucket Wheel Excavator</i>
<i>Ripping</i>	10 – 25	<i>Ripper</i>
<i>Rock Cutting</i>	10 – 50	<i>Rock Cutter</i>
<i>Blasting</i>	> 25	<i>Drill and Blasting</i>

Franklin dkk membuat suatu kriteria kemampugalian yang didasarkan pada indeks kekuatan batuan (*point load*) dan indeks rekahan seperti terlihat pada gambar 3.1. Franklin dkk membuat hubungan antara *point load index* yang didapat dari percobaan baik percobaan UCS ataupun percobaan *point load* yang dihubungkan dengan indeks rekahan yang merupakan jarak rata-rata rekahan dalam sepanjang bor inti atau massa batuan.



Gambar 3.1

Kriteria Indeks Kekuatan Batuan (Franklin dkk, 1971)

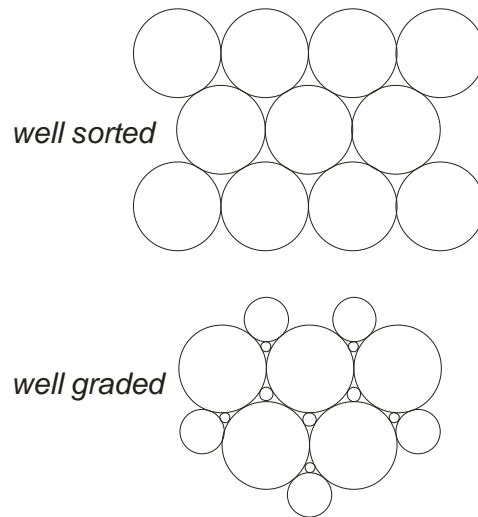
3.2.1.5 Kohesivitas

Kohesivitas dari suatu material merupakan suatu kemampuan untuk saling mengikat antara butir-butir material itu sendiri. Material yang memiliki kohesivitas yang tinggi akan mudah mengumpul sehingga pada saat dilakukan pemuatan dapat memuat material yang lebih banyak dibandingkan jika material tersebut memiliki kohesivitas yang rendah.

3.2.1.6 Bentuk Butiran Material atau Fragmentasi

Butiran material sangat mempengaruhi volume yang dapat dimuat oleh sebuah *excavator*. Semakin bentuk butiran-butiran tersebut memiliki gradasi yang baik (*well graded*) maka material tersebut akan memiliki rongga-rongga yang lebih sedikit dibandingkan jika material tersebut bentuk butiran-butirannya seragam atau terpilah

dengan baik (*well sorted*). Sehingga material yang memiliki bentuk butiran dengan gradasi baik volume material yang dapat diangkut pun akan semakin banyak.



Gambar 3.2

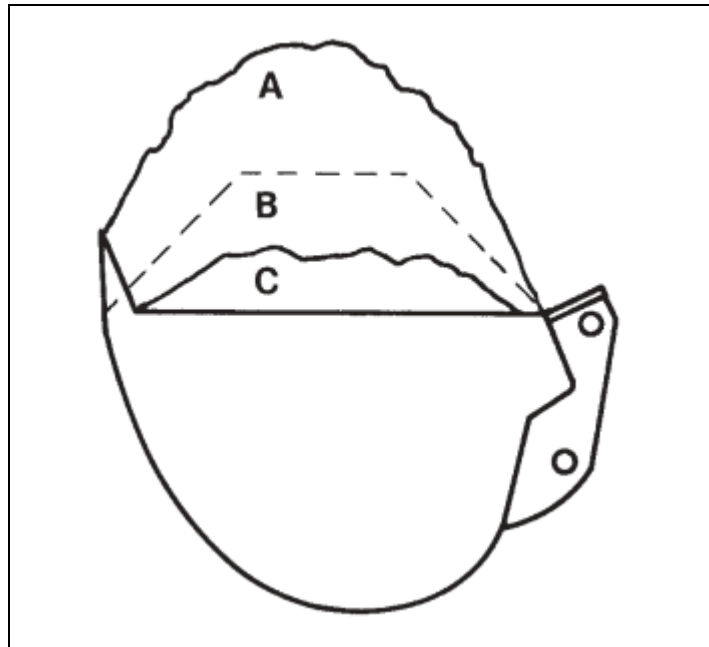
Susunan butiran-butiran material

Volume material yang dapat diangkut atau dimuat oleh suatu *excavator* dikoreksi terlebih dahulu dengan *fill factor* yang didefinisikan sebagai perbandingan volume material yang sebenarnya diangkut oleh sebuah *excavator* dengan volume teoritis dari *excavator* tersebut.

Tabel 3.2

Bucket fill factor beberapa material
(Cat Handbook Ed. 35)

Material	Fill Factor Range (Percent of heaped bucket capacity)
Moist Loam or Sandy Clay	A — 100-110%
Sand and Gravel	B — 95-110%
Hard, Tough Clay	C — 80-90%
Rock — Well Blasted	60-75%
Rock — Poorly Blasted	40-50%



Gambar 3.3

Kriteria *Bucket fill factor*

(Cat Handbook Ed. 35)

3.2.1.7 Daya Dukung Material

Daya dukung material adalah kemampuan suatu material untuk mendukung alat yang bekerja diatasnya. Pada saat alat berada diatas suatu material yang digunakan sebagai pijakan oleh alat tersebut, maka alat tersebut akan memberi suatu tekanan (*ground pressure*), dan sebagai pengimbang dari tekanan tersebut maka material pun memberikan suatu daya perlawanan yang disebut daya dukung (*bearing capacity*). Jika tekanan lebih besar dari daya dukung maka alat akan terbenam, sehingga faktor daya dukung material ini perlu diperhatikan agar dapat mengantisipasi hambatan yang terjadi pada saat melakukan pekerjaan.

Tabel 3.3

Daya dukung beberapa jenis material

Material	Bearing Capacity	
	Lb/in ²	kPa
Rock : semi-shattered	70	490
solid	350	2352
Clay : dry	55	392
medium dry	27	196
soft	14	98
Gravel, cemented	110	784
Sand : compact dry	55	392
clean dry	27	196
Quicksand, alluvial soil	7	49

Tabel 3.4

Ground pressure dari excavator

(Sumber : Spesifikasi Handbook Hitachi EX2500 dan Liebherr 994)

Excavator	Ground Pressure	
	Lb/in ²	kPa
Hitachi EX2500	24	181
Liebherr 994	26	194

3.2.2 Spesifikasi *Excavator*

Hal yang perlu diketahui dalam penentuan produktivitas dari sebuah *excavator* adalah spesifikasi dari *excavator* tersebut. Dengan mengetahui spesifikasi dari *excavator* tersebut dapat diketahui kapasitas material yang dapat diangkut oleh *excavator* tersebut. Spesifikasi *excavator* dapat didapatkan dari brosur ataupun keterangan-keterangan yang dikeluarkan oleh pabrikan yang mengeluarkan *excavator* tersebut.

3.2.3 *Cycle time* dari *excavator*

Cycle time alat gali muat dalam hal ini *excavator* merupakan dasar data yang harus diperoleh dalam perhitungan produktivitas. *Cycle time* dari *excavator* adalah waktu

yang diperlukan bagi sebuah *excavator* untuk melakukan satu kali muat ke atas truk. *Cycle time excavator* terdiri dari *digging time*, *swing time* serta *dumping time*.

3.2.4 Cycle time alat angkut

Komponen ini merupakan komponen luar yang mempengaruhi produktivitas *excavator*. Tingkat kedatangan alat angkut menentukan apakah *excavator* tersebut akan dapat bekerja secara kontinu, efektif serta efisien ataukah *excavator* tersebut akan sering bekerja tidak efektif serta tidak efisien jika terlalu menunggu lama alat angkut untuk dilayani oleh *excavator*.

3.2.5 Kondisi Loading Point

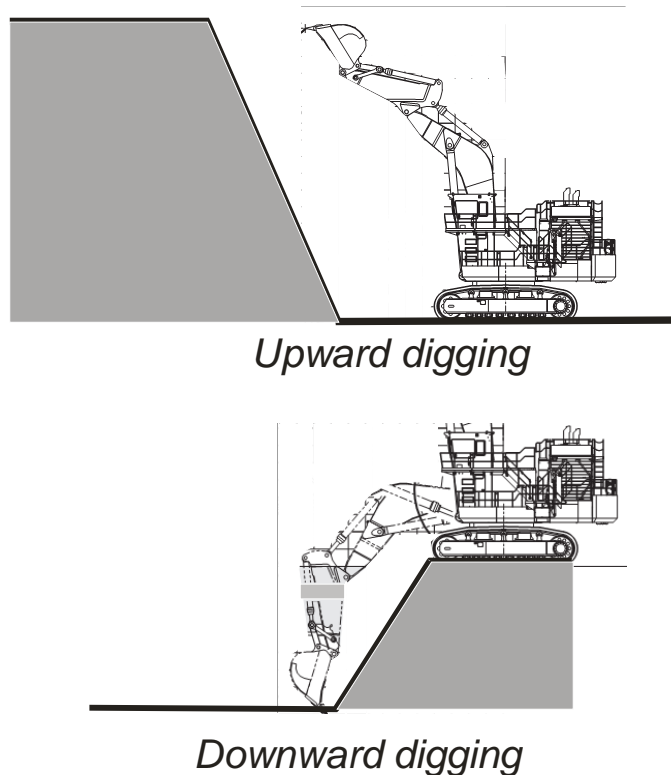
Excavator bekerja pada tempat yang memiliki kondisi yang berbeda-beda sehingga hal ini pun berpengaruh terhadap kinerja *excavator*. Seperti diketahui bahwa, *cycle time* dari *excavator* berhubungan dengan waktu pada saat *excavator* tersebut menggali ataupun memuat, lama tidaknya *excavator* bekerja dipengaruhi oleh kondisi *loading point* tempat *excavator* tersebut bekerja. Kondisi *loading point* yang perlu diperhatikan diantaranya :

- Tempat berpijaknya *excavator* pada saat bekerja, apakah rata atau tidak.
- Tempat yang digunakan oleh truk untuk melakukan *spotting* pada saat akan dimuat oleh *excavator*, apakah bagus atau buruk serta rata atau tidak.

3.2.6 Metode Penggalian

Metode penggalian yang digunakan oleh *excavator* terdiri dari dua metode menurut *komatsu handbook* yaitu metode *upward digging* dan metode *downward digging*. Metode *upward digging* adalah metode penggalian *excavator* pada saat menghadapi

face, sehingga proses penggaliannya dimulai dari atas face. Metode *downward digging* adalah metode penggalian dari *excavator* pada saat berada diatas *bench* sehingga proses penggalian biasanya dimulai dari *toe* dari *bench*.



Gambar 3.4

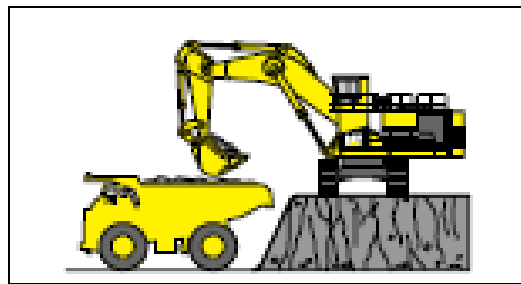
Upward dan Downward digging

3.2.7 Metode Pemuatan

Dalam melakukan kegiatan pengupasan material, *excavator* menggunakan berbagai macam metode dalam memuat material yang telah dikupas. Hal ini dilakukan disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan pada saat menghadapi medan yang memerlukan teknik pemuatan yang berbeda-beda. Metode pemuatan yang biasa digunakan dalam proses penambangan yang dilakukan oleh sebuah *excavator*

berdasarkan posisi *excavator* terhadap truk dibagi menjadi 3 jenis metode pemuatan. Diantaranya adalah *bottom loading*, *top loading* dan *double bench*.

Metode pemuatan *bottom loading* yaitu metode pemuatan yang dimana *excavator* berdiri diatas sebuah *bench* sehingga kedudukan *excavator* menjadi sejajar dengan bak *dumptruck*. Dalam *bottom loading*, *excavator* menggali *bench* yang digunakan sebagai berpijak sehingga tinggi *bench* harus disesuaikan dengan kemampuan keterjangkauan sebuah *excavator* dalam menggali material serta ketinggian dari alat angkut.



Gambar 3.5

Metode pemuatan *Bottom Loading*

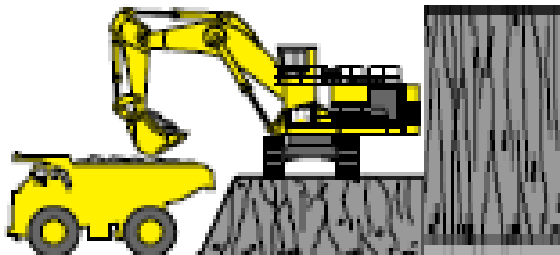
Metode pemuatan *top loading* merupakan salah satu metode penggalian dimana kedudukan *excavator* sama atau hampir sama dengan kedudukan *dumptruck* pada saat melakukan kegiatan pemuatan. Dengan metode ini kerja *excavator* akan mengalami sedikit hambatan dengan diperlukannya mengangkat bucket lebih tinggi untuk menjangkau bak *dump truck*.



Gambar 3.6

Metode pemuatan *Top Loading*

Sedangkan metode pemuatan *double bench* merupakan metode pemuatan dimana kedudukan *excavator* tersebut berada diatas sebuah *bench* sekaligus berada didepan *face bench* ataupun permukaan material yang akan digali. Sehingga penggalian dapat dilakukan terhadap *bench* tempat *excavator* tersebut berpijak sekaligus dapat menggali face yang berada di depan *excavator* tersebut.



Gambar 3.7

Metode pemuatan *Double Bench*

Metode pemuatan berdasarkan cara ☐aneuver dan penempatan *Dump truck* terhadap *Excavator*.

Frontal Cut, yaitu alat muat di depan jenjang dan menggali kepermukaan kerja (lurus) lalu kesamping. Pada pola pemuatan ini alat muat melayani lebih dahulu alat angkut sebelah kiri atau tergantung operator. Kemudian dilanjutkan oleh alat muat yang lain. *Swing angle* bervariasi antara 10°-110°.

Drive by Cut, yaitu alat muat bergerak memotong dan sejajar dengan muka penggalian. Cara ini lebih efisien untuk alat muat dan alat angkut, walaupun *Swing angle*-nya lebih besar dari *frontal cut*.

Parallel Cut, yaitu metode pemuatan dilakukan dengan posisi alat angkut berada disamping alat muat. Alat angkut mendekati alat muat dari belakang dan mengatur posisi agar tepat membelakangi alat muat, kemudian alat muat akan memuat.

3.3 Efisiensi Kerja (*work efficiency*)

3.3.1 Hierarki Waktu

Dalam menilai kinerja *excavator*, digunakan hierarki waktu yang menunjukkan lamanya *excavator* tersebut dalam berkegiatan. Hierarki waktu yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5

Hierarki waktu

<i>Total Hours (T)</i>			
<i>Available Hours (A)</i>			<i>Maintainance Hours ®</i>
<i>Working Hours (W)</i>		<i>Standby Hours (S)</i>	
<i>Operating Hours</i>		<i>Delay</i>	
<i>loading</i>	<i>spotting</i>		

Keterangan :

W = Waktu yang dibebankan kepada seorang operator *excavator* yang dalam kondisi dapat dioperasikan, sedang tidak mengalami kerusakan. Waktu ini meliputi pula tiap hambatan *delay time* yang ada.

Delay = Waktu yang tidak dapat digunakan padahal *excavator* dalam keadaan sedang dikendalikan oleh operator.

Loading = Waktu yang digunakan *excavator* sedang dalam kendali operator untuk kegiatan pemuatan atau penggalian.

Spotting = Waktu yang digunakan *excavator* sedang dalam kendali operator untuk menunggu truk melakukan *spotting* pada saat akan dimuat.

S = "standby hours", atau jumlah jam suatu *excavator* tidak dapat bekerja padahal alat tersebut tidak sedang mengalami kerusakan dan dalam keadaan siap untuk dioperasikan.

R = Waktu untuk perbaikan dan waktu yang hilang karena menunggu saat perbaikan termasuk juga waktu untuk penyediaan suku cadang (*spare parts*) serta waktu untuk perawatan preventif. Waktu ini termasuk waktu *maintenance* yang terjadwal maupun tidak terjadwal.

3.3.3 Efisiensi Operator

Faktor manusia yang menggerakkan alat-alat yang sukar untuk ditentukan efisiensinya secara tepat, dikarenakan selalu berubah-ubah di setiap waktunya. Sebenarnya efisiensi operator tidak hanya disebabkan karena kemalasan pekerja itu, tetapi juga karena keterlambatan-keterlambatan dan hambatan-hambatan yang tak mungkin dihindari.

3.3.3 *Physical availability* atau *operational availability* (P.A.)

Physical availability merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari *excavator* yang digunakan. Komponen ini menunjukkan suatu kondisi fisik yang dimiliki oleh *excavator* untuk melakukan pekerjaannya. PA dapat dihitung dengan persamaan :

$$P.A. = \frac{W + S}{W + S + R} \times 100\% \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana : W = *Working hours*

S = *Standby hours*

R = *Repair hours*

3.3.4 Availability index atau mechanical availability (M.A.)

Merupakan suatu keadaan atau kondisi mekanik yang sesungguhnya dari *excavator* yang sedang digunakan.

$$A.I. = \frac{W}{W + R} \times 100\% \dots\dots\dots 3.5$$

Dimana : W = *Working hours*

R = *Repair hours*

'*physical availability*' pada umumnya selalu lebih besar dibandingkan dengan '*availability index*' atau '*mechanical availability*'. Tingkat efisiensi dari sebuah *excavator* naik jika angka '*availability index*' mendekati angka '*physical availability*'.

3.3.5 Use of availability (U.o.A.)

Merupakan jumlah persen waktu yang dipergunakan oleh suatu *excavator* untuk beroperasi pada saat *excavator* tersebut memang siap untuk digunakan (*available*).

$$U.A. = \frac{W}{W + S} \times 100\% \dots\dots\dots 3.6$$

Dimana : W = *Working hours*

S = *Standby hours*

Nilai '*Use of Availability*' biasanya dapat memperlihatkan seberapa efektif suatu *excavator* untuk dimanfaatkan dalam keadaan tidak sedang rusak. Hal ini dapat

menjadi suatu ukuran dalam menilai seberapa baik kah pengelolaan (*management*) *excavator* yang digunakan.

3.3.6 *Effective utilization* (E.U.)

Menunjukkan seberapa persen dari seluruh jumlah waktu kerja yang tersedia yang dapat dimanfaatkan untuk bekerja secara produktif.

$$E.U. = \frac{W}{W + S + R} \times 100\% \dots\dots\dots 3.7$$

Dimana : W = *Working hours*

S = *Standby hours*

R = *Repair hours*

3.3.7 *Usage* (U)

Usage merupakan suatu waktu kerja efektif yang digunakan oleh *excavator* pada saat *excavator* tersebut dalam keadaan dikendalikan oleh operator.

$$U = \frac{(spotting + loading)}{W} \times 100\% \dots\dots\dots 3.8$$

Dimana : W = *Working hours*

spotting+loading = waktu yang dibutuhkan untuk mengisi truk +
waktu *spotting* truk (jam)

3.4 Faktor Keserasian (*Match Factor*)

Peran dari alat angkut pun ikut andil dalam efisiensi kerja dari suatu *excavator*. Salah satu ukuran keserasian antara *excavator* dengan alat angkut yang digunakan dapat dinyatakan dengan faktor keserasian. Faktor keserasian (*match factor*) dapat menunjukkan pula ketersediaan alat angkut dalam 'melayani' *excavator* untuk mengimbangi kinerja dari sebuah *excavator*.

$$MF = \left(\frac{N_t}{N_e} \right) \times \left(\frac{CtE}{CtT} \right) \times n \dots\dots\dots 3.9$$

Dimana : MF = *match factor*

Nt = Jumlah truk

Ne = Jumlah *excavator*

CtE = *Cycle time excavator*

CtT = *Cycle time truk*

n = Jumlah pemuatan *bucket excavator* ke dalam truk

Adapun pengertian nilai MF sebagai berikut :

MF > 1 : menunjukkan alat gali muat bekerja secara kontinyu sedangkan alat angkut bekerja secara tidak kontinyu atau dengan kata lain alat angkut mengalami antrian sehingga alat gali muat kelebihan alat angkut. Pada kondisi ini *Usage* dari *excavator* bernilai 100 %.

MF < 1 : menunjukkan alat angkut bekerja secara kontinyu yang menyebabkan alat gali muat sering menunggu atau dengan kata lain kekurangan alat angkut.

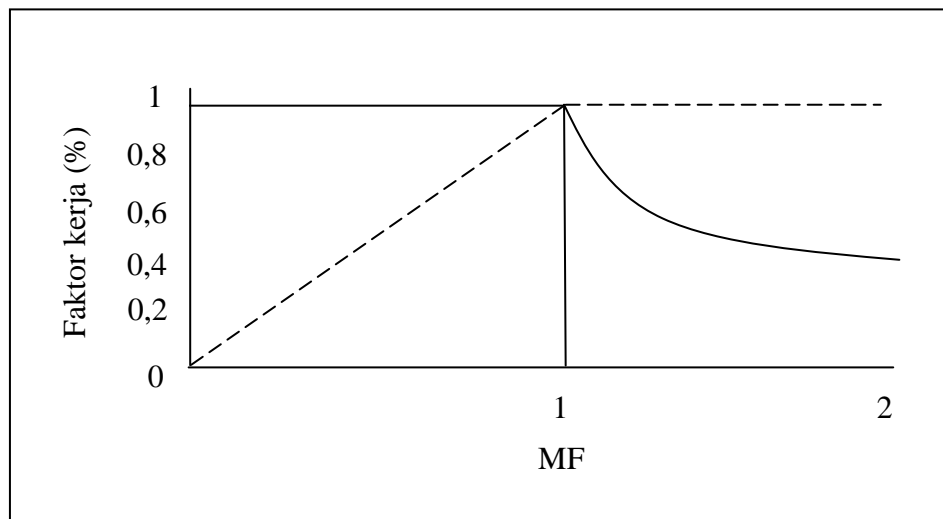
Besarnya waktu tunggu (D_m) alat gali muat dapat dihitung dengan persamaan :

$$D_m = \left(\frac{1}{MF} - 1 \right) \times C_t T \dots\dots\dots 3.10$$

Pada kondisi ini nilai *Usage* dari *excavator* adalah

$$U = MF.100\% \dots\dots\dots 3.11$$

$MF = 1$: menunjukkan alat gali muat dan alat angkut bekerja secara kontinyu.



Gambar 3.8

Hubungan antara *Match Factor* dan Faktor Kerja

3.5 Perhitungan Produktivitas (*productivity*)

Produktivitas dapat didefinisikan sebagai banyaknya material yang dapat digali serta dimuat oleh sebuah *excavator* dalam satuan waktu tertentu. Produktivitas merupakan suatu ukuran penilaian terhadap kinerja dari *excavator*. Produktivitas *excavator* dapat dihitung dengan berbagai cara, yang umum digunakan yaitu :

1. Perhitungan langsung (*direct computation*)

Suatu cara perhitungan dengan memperhatikan tiap-tiap factor yang mempengaruhi produksi untuk menentukan volume aslinya (*pay load*) atau

ton yang dapat dihasilkan oleh masing-masing alat yang digunakan. Cara ini ternyata yang paling teliti dari yang lain-lainnya, karena semua kondisi yang mungkin dihadapi sudah diperhitungkan berdasarkan data lapangan yang tersedia.

2. ‘*Tabular method*’

Suatu cara perhitungan dengan mempergunakan keterangan-keterangan dan data yang berbentuk tabel-tabel yang khas untuk masing-masing alat, dan diambil dari pengalaman-pengalaman sebelumnya yang memiliki sifat pekerjaan yang kira-kira serupa. Kadang-kadang juga dilengkapi dengan data berupa grafik dan diagram yang diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan oleh pabrik pembuat alat-alat tersebut. Pada cara ini semua pekerjaan sifatnya disama-ratakan, sehingga variabel yang selalu dimiliki oleh tiap proyek jarang-jarang dapat diamakan dengan keadaan ditempat lain dianggap kira-kira serupa. Sebenarnya hal itu tidak benar, oleh sebab itu cara ini menjadi kurang teliti, meskipun cara perhitungannya lebih sederhana.

3. ‘*Slide rule method*’

Cara perhitungan dengan menggunakan ‘*manufacturer’s earthmoving calculator*’ dan itu tidak lain dari ‘*slide rule*’ khusus yang dibuat untuk tiap-tiap alat dengan memasukkan semua prinsip perhitungan yang dipergunakan pada cara perhitungan langsung. Perhitungan menjadi sangat sederhana dan cepat, tetapi hasilnya kurang teliti dan kadang-kadang terlalu berlebihan. Bila cara ini dipakai dengan mempergunakan data untuk pekerjaan yang bersangkutan, akan diperoleh ketelitian yang kira-kira sama dengan cara kedua.

4. Perhitungan perkiraan (*guesstimating*)

Cara ini kurang lebih sama dengan cara yang pertama hanya bagian-bagian yang dianggap tidak terlalu penting diabaikan atau disederhanakan, sehingga

perhitungan-perhitungannya menjadi lebih mudah dan singkat. Hal itu pada umumnya mengabaikan beberapa perhitungan teliti, dan sebagai gantinya diambil angka rata-rata tersebut umumnya tidak banyak menyimpang dari kenyataan yang akan dihadapi, tetapi kalau tidak, hasilnya akan sangat menyimpang dari yang dihadapi di lapangan. Pada umumnya cara perhitungan ini akan mempunyai dua nilai, yaitu :

- ❖ Memperlihatkan perhitungan kasar atau perkiraan untuk suatu pekerjaan tertentu.
- ❖ Menghemat waktu untuk menghitungnya.

Berdasarkan perhitungan langsung (*direct computation*) adalah cara yang terbaik, maka sebanyak mungkin akan diambil contoh-contoh perhitungan dengan cara tersebut. Tetapi bila keadaan tidak memungkinkan, maka cara tersebut akan dilengkapi dengan cara perhitungan perkiraan.

3.5.1 Digging rate (DR)

Digging rate menunjukkan kemampuan gali dari sebuah *excavator* dan dapat didefinisikan sebagai jumlah produksi yang dapat dicapai oleh sebuah *excavator* yang berdasarkan waktu operasi/*cycle time* dari *excavator* tersebut.

$$DR = \left(\frac{3600}{CtE} \right) \times (FF \times V_{mangkok} \times S) \dots\dots\dots 3.12$$

Dimana : DR = *Digging rate* (BCM/jam)

CtE = *Cycle time Excavator* (second)

FF = *Fill factor* (%)

V_{mangkok} = *Bucket Capacity Excavator* (BCM)

S = *Swell factor* (%)

3.5.2 *Instantaneous Digging Rate (IDR)*

Instantaneous Digging Rate merupakan suatu jumlah produksi yang dihasilkan oleh sebuah *excavator* yang dibandingkan dengan *spotting* alat angkut pada saat akan melakukan pemuatan. Pemuatan yang dilakukan oleh *excavator* ke dalam sebuah truk dimulai pada saat *excavator* siap untuk melakukan dumping, cara pemuatan ini merupakan standar yang digunakan dalam tambang mulia pada saat proses pemuatan dilakukan. Sehingga dengan menyesuaikan terhadap hal tersebut, berikut adalah formulasi yang digunakan dalam menghitung *Instantaneous digging rate* :

$$IDR = \left(\frac{3600}{CtM} \right) \times (n \times FF \times V_{mangkok} \times S) \dots\dots\dots 3.13$$

Dimana : IDR = *Instantaneous Digging Rate* (BCM/jam)

$$CtM = truk\ spotting + \{n.CtE\}$$

n = Jumlah pemuatan *bucket excavator* ke dalam truk

$$FF = Fill\ factor\ (\%)$$

$$V_{mangkok} = Bucket\ Capacity\ Excavator\ (BCM)$$

$$S = Swell\ factor\ (\%)$$

3.5.3 Produktivitas (*Productivity*)

Merupakan perbandingan antara produksi yang dihasilkan oleh sebuah *excavator* dalam melakukan pekerjaannya yang dibandingkan dengan waktu kerja efektif yang digunakan *excavator* tersebut.

$$Pr oductivity = IDR \times U3.14$$

Dimana : Productivity (BCM/jam)

IDR = *Instantaneous Digging Rate* (BCM/jam)

U = Usage (%)