

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pemindahan Tanah Penutup (*Overburden Removal*)

Proses ini merupakan kegiatan pemindahan atau pengupasan tanah yang menutupi batubara. Kegiatan ini dilakukan setahap demi setahap, sehingga ketebalan tanah yang menutupi batubara menipis dan mencapai batas batubara sehingga batubara terlihat, maka penggalian tanah penutup harus berhati-hati agar batubara yang ada tidak tergali.

kegiatan pengupasan tanah penutup terbagi dalam 3 aktivitas berdasarkan lapisan tanahnya, yaitu :

1. Aktivitas Pengupasan Tanah Penutup (*Top Soil*)
2. Aktivitas Pengambilan *Sub soil*
3. Aktiviatas Pembongkaran Batu Lempung, Batu Lanau, dan Batu Pasir.

2.2. Pola Pemuatan

Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan target produksi maka pola pemuatan merupakan faktor yang mempengaruhi waktu edar alat angkut dan alat muat. alat muat melakukan penggalian dan apabila mangkuk (*Bucket*) terisi penuh maka material siap ditumpahkan. Setelah alat angkut (*Dump truck*) terisi penuh maka harus segera keluar dan di gantikan dengan alat angkut lainnya. Pola pemuatan dapat diklasifikasikan menurut beberapa jenis sudut pandang (Hustrulid dan Kutcha, 2013; Nichols dan Day, 2005), yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan kedudukan alat muat terhadap alat angkut.

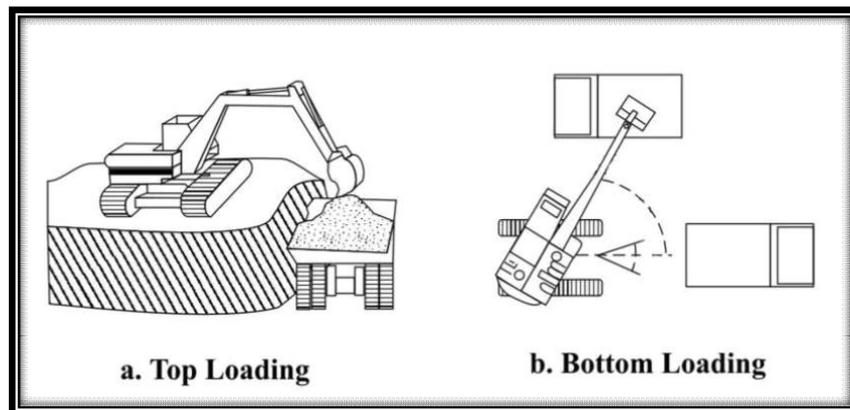
Pola pemuatan oleh alat secara umum ditentukan oleh posisi kedudukannya. Perbedaan posisi dari alat tersebut dapat dibedakan berdasarkan perbedaan ketinggian level kerja. Posisi tersebut memungkinkan untuk bekerja pada level yang sama ataupun berbeda, perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 Cara pemuatan terbagi menjadi dua, yaitu:

a. *Top Loading*

Top Loading merupakan posisi pemuatan yang mana kedudukan alat muat berada pada posisi yang lebih tinggi dari pada bak *dump truck* alat muat berada diatas jenjang. Posisi ini memiliki kelebihan pada kondisi jenjang yang rendah dan waktu pemuatan akan memakan waktu yang lebih sedikit di bandingkan posisi *bottom loading*.

b. *Bottom Loading*

merupakan posisi muatan yang mana kedudukan alat muat akan berbeda pada level yang sama dengan level alat angkut. Posisi ini memiliki kelebihan pada kondisi jenjang yang memiliki ketinggian cukup tinggi sehingga memiliki kemudahan untuk memilih material dan dapat menjangkau alat angkut lebih baik untuk melakukan pemuatan.



Sumber : Ir. Partanto Prodjosumarto, 199 1

Gambar 2. 1 Pola Pemuatan Alat Gali muat

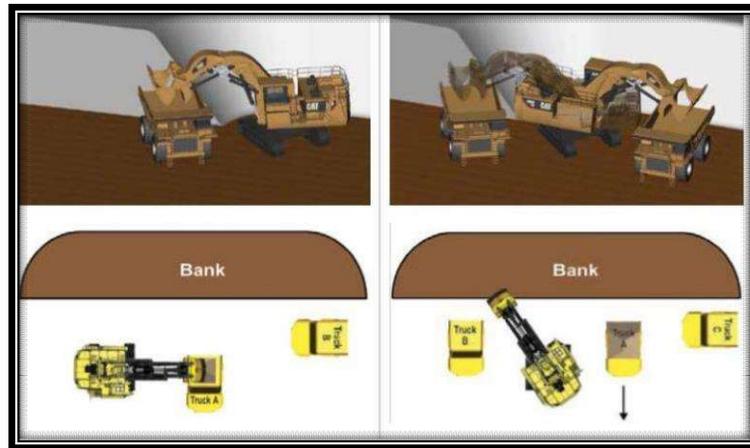
2. Berdasarkan jumlah dan penempatan alat muat terhadap alat angkut

a. *Singgel – Side Loading*

Pada pola pemuatan ini, *dump truck* hanya mengambil posisi pada salah satu sisi dari alat muat.

b. *Double – Side Loading*

Pada pola ini, *dump truck* dapat mengambil posisi pemuatan dari dua sisi alat muat. Pada waktu salah satu *dump truck* sedang di isi muatan, *dump truck* yang lainnya telah siap memposisikan diri untuk dimuati



Sumber : Ir. Partanto Prodjosumarto, 199

Gambar 2. 2 Pola Pemuatan Berdasarkan Jumlah Alat Angkut

3. Berdasarkan manuver posisi alat muat terhadap muka jenjang Pola pemuatannya dibedakan menjadi :

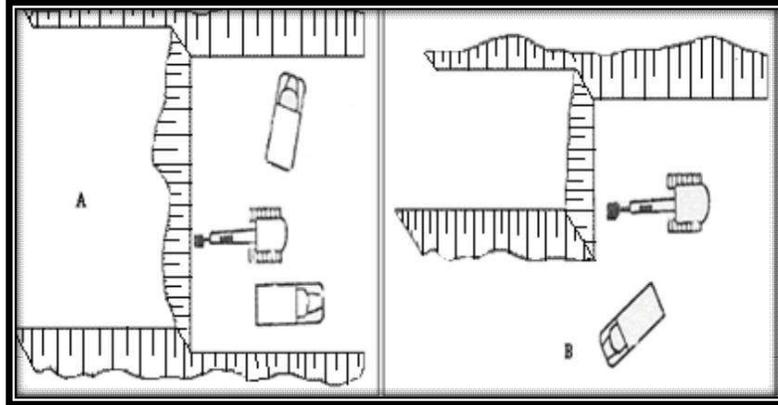
1) *Frontal Cut*

Pola ini menunjukkan posisi alat muat yang berhadapan langsung dengan muka jenjang. Penggalian dilakukan ke arah depan dan samping dari posisi alat muat. Pada kondisi ini dapat digunakan *double side loading* dalam penempatan posisi *dump truck*. Pemuatan pada *dump truck* didahului pada salah satu sisi dan dilanjutkan pada sisi lainnya.

2) *Parallel cut with drive-by*

Pemuatan dilakukan secara sejajar dengan muka jenjang. Pada metode ini diperlukan akses alat angkut dari dua arah. Pada metode ini sudut putar rata – rata lebih besar dibandingkan *frontal cut*, tetapi alat angkut tidak

perlu memposisikan diri terhadap alat muat, sehingga pemosisian alat dapat lebih mudah.



Sumber : Ir. Partanto Prodjosumarto, 199

Gambar 2.3 Pola Pemuatan Berdasarkan Cara Manuvernya

2.3. Alat Gali Muat

Alat berat ini digunakan pada lokasi pertambangan, pertambangan tidak hanya sekedar mengenal sekop dan cangkul namun dengan semakin majunya teknologi dan semakin luasnya lahan pertambangan, tentu peralatan yang digunakan semakin modern dan canggih.

Menurut Pratama, (2014) mengemukakan bahwa alat gali mempunyai bagian-bagian utama, antara lain:

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

Alat gali muat berfungsi untuk menggali bahan galian lunak atau hasil peledakan sekaligus memuat material kedalam alat angkut.

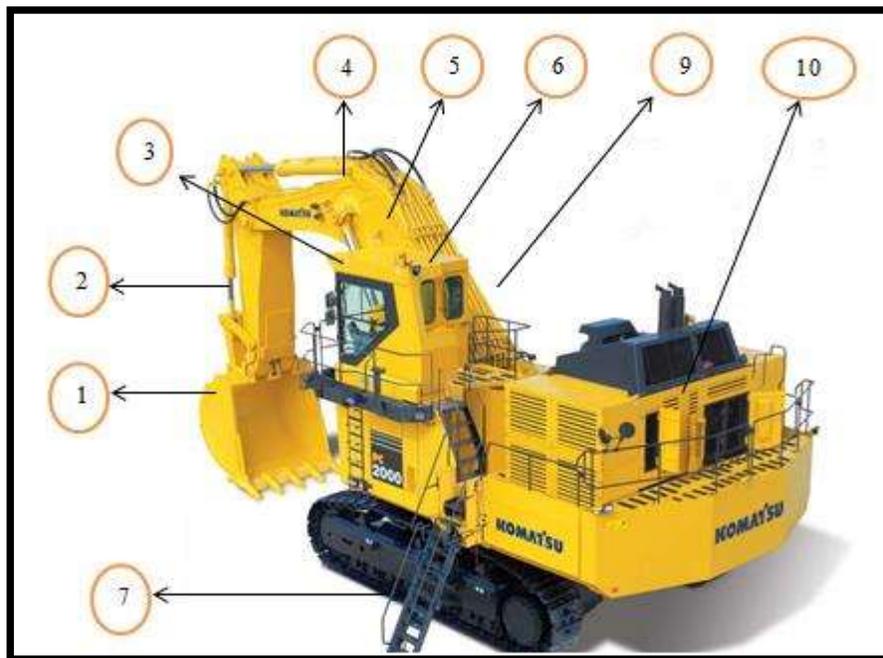
1. *Backhoe*

Backhoe adalah salah satu alat gali muat yang arah galiannya ke belakang. *Backhoe* di gunakan pada saat melakukan penggalian tanah yang permukaannya

berada di bawahnya (Anisari, Rezky 2012). Sedangkan menurut Burt, Christina et.al., (2013) mengemukakan bahwa alat pengendali excavator dapat berupa pengendalian dengan kabel (*cable controller*) serta hidrolis (*hydraulic controller*). Pada saat ini banyak yang di gunakan adalah pengendalian hidrolis (*hydraulic controller*)

Berdasarkan para ahli dapat disimpulkan bahwa *Backhoe* (beko) adalah alat berat yang terdiri dari lengan (*arm*), *boom* (bahu) serta *bucket* (alat keruk) dan digerakkan oleh tenaga hidrolis yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (*trackshoe*). *Backhoe* merupakan alat berat paling serbaguna karena bisa menangani berbagai macam pekerjaan alat berat lain sesuai dengan namanya, alat berat ini memiliki fungsi utama untuk pekerjaan penggalian.

2.3.1. Spesifikasi Alat Gali Muat



(Sumber : Hand Book Komatsu)

Gambar 2. 4 Spesifikasi Alat Muat Excavator Komatsu PC 2000

Berikut adalah nama beserta kegunaannya dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2. 1 Kegunaan Spesifikasi Alat Muat

No	Nama	Kegunaan
1	<i>Bucket</i>	Bucket bentuknya seperti keranjang untuk fungsi utama <i>excavator</i> untuk mengeruk/mengangkat/memindahkan tanah,pasir atau batu
2	<i>Bucket cylinder</i>	Fungsinya untuk menggerakkan <i>bucket</i> mengayun
3	<i>Arm</i>	Berfungsi untuk mengayunkan <i>bucket</i> lebih jauh sehingga menunjang lebih tinggi/jauh
4	<i>Arm Cylinder</i>	Berfungsi menggerakkan <i>arm</i> untuk mengayun
5	<i>Boom</i>	Berfungsi untuk mengayunkan <i>arm</i> lebih jauh sehingga jangkauan gerak <i>bucket</i> bisa lebih jauh
6	<i>Boom Cylinder</i>	Berfungsi menggerakkan <i>boom</i> agar bisa naik turun
7	<i>Track</i>	Kaki <i>excavator</i> ini terbuat dari rantai besi rata dan berguna untuk bergerak dalam medan apapun
8	<i>Swing Drive</i>	Berfungsi sebagai engsel antara <i>body excavator</i> dengan <i>track excavator</i> dan dapat berputar 360 derajat
9	<i>Cabin</i>	<i>Cabin</i> adalah ruang pengoperasian dan pengendalian <i>excavator</i>
10	<i>Engine</i>	Fungsinya untuk meletakkan mesin dan pompa hidrolis

(Sumber : Hand Book Komatsu)

2.4. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Setiap alat berat yang bekerja mempunyai kemampuan memindah material disetiap siklus. Siklus kerja adalah proses gerakan suatu alat dari gerakan mulanya sampai kembali pada gerakan mula tersebut. Adapun waktu yang di perlukan untuk melakukan satu siklus kegiatan kerja dari alat mekanis disebut dengan waktu edar (*cycle time*)

2.4.1 Waktu Edar Alat Muat

Waktu edar alat muat adalah waktu satu siklus pemuatan yang diawali dari kegiatan menggali material sampai menumpahkan material ke dalam alat angkut dan kembali ke kondisi awal dengan mangkuk alat muat kosong.

Waktu edar alat muat mulai dari *Digging – Swing Loaded – Dumping – Swing Empty*.

1. Waktu *Digging*

Waktu menggali / Mengeruk material (*Overburden*) yang berada di *Front Loading*. Berikut ini adalah Gambar Proses *Digging*:



(Sumber : Andika Moses Rugang 2023)

Gambar 2. 5 Proses Digging Excavator Komatsu PC 2000

2. Waktu *Swing Loaded*

Waktu *swing loaded* yaitu waktu mengayunkan *bucket* yang berisi *Overburden* untuk dimasukkan kedalam alat angkut. Berikut ini adalah Gambar Proses *Swing Loaded*:



(Sumber : Andika Moses Rugang 2023)

Gambar 2. 6 Proses *Swing Loaded*

3. Waktu *Dumping*

Waktu menumpahkan *Bucket* yang berisi *Overburden* kedalam alat angkut. Berikut ini adalah Gambar Proses *Dumping*:



(Sumber : Andika Moses Rugang 2023)

Gambar 2. 7 Proses Dumping

4. Waktu *Swing Empty*

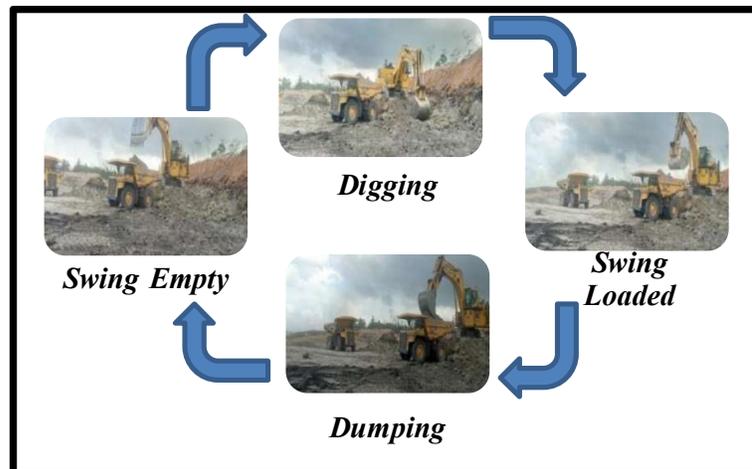
Waktu mengayunkan *Bucket* yang tidak berisi/kosong untuk kembali ke posisi siap untuk melanjutkan proses *Digging*. Berikut ini adalah Gambar Proses *Swing Empty*:



(Sumber : Andika Moses Rugang 2023)

Gambar 2. 8 Proses *Swing Empty*

Berikut adalah bagan alir waktu edar alat gali muat dari proses digging, swing load, dump dan swing empty dan kembali ke proses digging kembali :



(Sumber : Andika Moses Rugang 2023)

Gambar 2. 9 Siklus Actual *Excavator Komatsu PC 2000*

Keterangan :

1. *Digging* : Menggali
2. *Swing Loaded* : Ayun Isian
3. *Dumping* : Menumpahkan
4. *Swing Empty* : Ayunan Kosong

Waktu edar (*Cycle Time*) alat muat dapat di rumuskan sebagai berikut:

Rumus untuk menghitung waktu edar (Hustrulid dan Kuchta, 2013) adalah sebagai berikut:

$$Ctm = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4 \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1}$$

Keterangan :

- Ctm* : Total waktu edar siklus pemuatan, (detik)
Tm1 : Waktu untuk menggali material, (detik)
Tm2 : Waktu ayun bermuatan, (detik)
Tm3 : Waktu untuk menumpahkan material, (detik)
Tm4 : waktu ayun tidak bermuatan, (detik)

2.5. Produktivitas dan Produksi Alat Mekanis

2.5.1. Produktivitas Alat Muat

Kegiatan pemuatan adalah kegiatan penambangan setelah pembongkaran batuan pada *front* kerja yang bertujuan untuk memuat bahan galian alat angkut. Produktivitas alat muat adalah kemampuan alat untuk memuat maeterial dalam satuan jam. Persamaan produktivitas alat muat (Hustrulid dan Kuchta, 2013) adalah sebagai berikut:

$$Ptm = \frac{Kb \times Ff \times Sf \times Ek \times 3600}{Ctm} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.2}$$

Keterangan :

Ptm : Produktivitas alat gali muat

Kb : Kapasitas *Bucket* (m³)

Ff : *Fill Factor* (%)

Sf : *Swell Factor* (%)

Ek : Efisiensi Kerja (%)

Ctm : *Cycle time* Alat gali muat (detik)

Untuk menentukan besaran nilai efisiensi kerja yang dipengaruhi oleh kondisi operasional peralatan dapat dilihat dengan Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Nilai Efisiensi Kerja Alat

Kondisi Operasi	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Normal-Sedang	0,75
Kurang Baik	0,67
Buruk	0,58

Sumber : Pemindahan Tanah Mekanis. Tenriajeng A.T 2003:99

2.5.2 Waktu Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja atau job efficiency merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia dan dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi kerja menunjukkan hambatan-hambatan yang terjadi pada saat bekerja (Hustrulid, 2013). Efisiensi kerja akan mempengaruhi produksi peralatan mekanis. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja, yaitu :

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang digunakan untuk melakukan kerja atau waktu kerja yang tersedia yang sudah dikurangi dengan waktu hambatan kerja. Sedangkan waktu kerja tersedia adalah waktu yang disediakan oleh perusahaan dalam satu *shift* kerja. Efisiensi kerja merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia yang dinyatakan dalam persentase (%).

Adanya hambatan yang terjadi selama jam kerja akan mengakibatkan waktu kerja efektif semakin kecil sehingga efisiensi kerja juga semakin kecil. Adapun rumus persamaannya adalah sebagai berikut :

$$W_{ke} = W_{kt} - W_{ht}$$
$$EK = \frac{W_{ke}}{W_{kt}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.3}$$

Keterangan

W_{ke} = Waktu kerja Efektif (menit)

E_k = Efisiensi Kerja (%)

W_{kt} = Waktu kerja tersedia (menit)

W_{ht} = Waktu hambatan (menit)

2.5.3 Efisiensi kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan terbaik antara suatu pekerjaan yang dilakukan dengan hasil yang dicapai oleh pekerjaan tersebut sesuai dengan yang ditargetkan baik dalam hal mutu maupun hasilnya yang meliputi pemakaian waktu yang optimal dan kualitas cara kerja yang maksimal (Sedarmayanti, 2001 dalam Syafriansyah, 2017:25). Efisiensi kerja dipengaruhi oleh faktor efisiensi waktu, efisiensi alat, kinerja operator, dan ketersediaan alat (Tentriajeng, 2003:69). Terdapat 3 komponen waktu efisiensi kerja yaitu: (Hartman, 2002 dalam Romadon, 2017:18)

1. Waktu Kerja

Waktu kerja merupakan waktu yang digunakan alat untuk beroperasi, dimulai dari awal hingga akhir. Pada waktu kerja terdapat beberapa variabel yaitu waktu efektif dan waktu *delay*. Waktu efektif merupakan waktu yang benar-benar digunakan peralatan untuk beroperasi. Sedangkan waktu *delay* merupakan waktu hambatan seperti waktu pemeriksaan mesin, pemindahan alat, menunggu perbaikan jalan, dan kondisi cuaca.

2. Waktu *Standby*

Waktu *standby* merupakan waktu dari peralatan mekanis yang tidak dapat digunakan, namun alat tidak rusak dan dapat beroperasi.

3. Waktu *Repair*

Waktu *repair* merupakan waktu perbaikan peralatan mekanis pada saat jam operasi penambangan berlangsung, termasuk waktu perawatan. (Hartman, 2002 dalam Romadon,

2.6. Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Gali Muat

Indonesianto(2005), menyatakan bahwa dalam menentukan produksi dari peralatan mekanis maka perlu diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi kegiatan produksi dari peralatan tersebut. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kegiatan produksi dari peralatan mekanis antara lain sifat fisik material, faktor pengisian *bucket*, waktu edar (*cycle time*) dari alat muat dan alat angkut, jumlah pengisian *vessel*, efisiensi kerja alat, selain itu juga harus memperhatikan tentang keserasian kerja alat (*match factor*) yang akan digunakan pada suatu area kerja.

2.6.1. Sifat Fisik Material

Material yang berada di muka bumi ini sangat beraneka ragam, baik jenis, bentuk dan lain sebagainya. Oleh karenanya alat yang dapat dipergunakan untuk memindahkannya pun beraneka ragam. Yang dimaksud dengan material dalam bidang pemindahan tanah (*earth moving*), meliputi tanah, batuan, vegetasi (pohon, semak belukar, dan alang-alang) semuanya mempunyai karakteristik dan sifat fisik masing-masing yang berpengaruh besar terhadap alat berat terutama dalam hal : (Tenriajeng, 2003)

1. Menentukan jenis alat yang akan digunakan dan taksiran produksi kapasitas produksinya.
2. Perhitungan volume pekerjaan.
3. Kemampuan kerja alat pada kondisi material yang ada.

Beberapa sifat fisik material yang penting untuk diperhatikan dalam pekerjaan tanah adalah sebagai berikut : (Tenriajeng 2003)

2.6.2. Pengembangan Material (*Swell Factor*)

Pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya. Dari faktor tersebut bentuk material dibagi menjadi tiga bentuk berdasarkan keadaannya yaitu *Bank Cubic Meter* (BCM) adalah keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi, *Loose Cubic Meter* (LCM) adalah keadaan tanah yang mengalami perubahan volume berupa penambahan dari bentuk aslinya menjadi keadaan lepas atau *losse*, *Compected cubic meter* (CCM) adalah tanah yang mengalami pemadatan kembali.

Untuk menghitung volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya, dengan melakukan penggalian material tersebut, atau melakukan pemadatan dari material yang sudah gembur ke padat, perlu dikalikan dengan suatu faktor yang disebut “faktor konversi”. Cara lain adalah dengan menggunakan *Load Factor* (LF) yaitu presentase pengurangan *density* material dalam keadaan asli menjadi keadaan lepas. *Load Factor* ditentukan sebagai berikut : (Tenriajeng,2003)

$$LF = \frac{\text{Berat jenis tanah gembur} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Berat jenis tanah asli} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right)} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

Dalam hal ini pengembangan material merupakan salah satu factor dari produktivitas alat mekanis. Presentase pengembangan material berbeda-beda tergantung jenis dari suatu material. Menurut Peurifoy (2006) dan Subhan (2014), faktor pengembangan material (*swell factor*) merupakan faktor perubahan volume material akan tetapi berat material tetap sama.

2.6.3. Berat Material

Berat material adalah sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kemampuan suatu alat berat untuk melakukan pekerjaan seperti mendorong, mengangkat, mengangkut dan lain-lain, akan dipengaruhi oleh berat material. (Tenriajeng, 2003).

1. Bentuk Material

Material yang kondisi butirannya seragam, kemungkinan besar isinya dapat sama (senilai) dengan volume ruangan yang ditempati. Sedangkan material yang berbongkah-bongkah akan lebih kecil dari nilai volume ruangan yang ditempati. Oleh karena itu, pada material jenis ini akan membentuk rongga-rongga udara yang memakan sebagian isi ruangan. Ukuran butir ini akan mempengaruhi terhadap pengisian *bucket* (Tenriajeng, A.T. 2003).

Menurut ilahi (2014), faktor pengisian *bucket* adalah presentase volume yang sesuai atau sesungguhnya dapat di isikan ke dalam *truck* atau mangkok dibandingkan dengan kapasitas teoritisnya.

Jenis dan sifat material akan mempengaruhi besar kecilnya volume pengisian bucket. Untuk menyatakan besar kecilnya volume sebenarnya dari suatu bucket saat pengisian/mengambil material dengan volume bucket sebenarnya dikenal dengan istilah *bucket fill factor* (faktor pengisian bucket) dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: (Indonesianto, 2005 dalam Jhon, 2016:12)

$$FF = \frac{V_n}{V_t} \times 100\% \dots\dots\dots (Pers 2.5)$$

Keterangan :

Ff = Faktor isian (%)

Vn = Volume nyata (m³)

Vt = Volume teoritis (m³)

Tabel 2. 3 Fill Factor

Kategori	Material	Faktor Pengisian
Mudah	Tanah lempungan,Lempung,Tanah Lunak	1,1-1,2
Sedang	Tanah Pasir dan Tanah Kering	1,0-1,1
Agak Sulit	Tanah berpasir dengan bongkahan	0,8-0,9
Sulit	Material Hasil Peledakan	0,7-0,8

Sumber : Komatsu Spesification and Aplication HandBook 2009

