

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Jalan Tambang

Pemindahan tanah mekanis merupakan suatu proses penggalian dan pemindahan tanah dengan menggunakan alat-alat mekanis dari *front* menuju *disposal*. Dalam proses penambangan, proses ini harus dilakukan sebagaimana yang diketahui bahwa cadangan tambang terdapat di bawah permukaan bumi sehingga dilakukannya proses penggalian terlebih dahulu untuk mendapatkan cadangan tambang tersebut.

Dalam melakukan pemindahan material kondisi jalan produksi perlu diperhatikan, dimana akses jalan merupakan salah satu faktor penting dalam mencapai target volume material yang dipindahkan. Fungsi utama jalan tambang mempunyai karakteristik khusus yang membedakan perlakuan terhadap penanganannya dibandingkan jalan transportasi umum, yaitu :

1. Jalan tambang selalu dilewati oleh alat berat yang mempunyai *crawler track*, sehingga tidak memungkinkan adanya pengaspalan.
2. Jalan tambang yang berada di area *seam* umumnya selalu mengalami perubahan elevasi karena adanya aktivitas penggalian jejang.
3. Lebar jalan tambang harus diperhatikan sesuai dengan fungsi jalurnya, khususnya untuk jalur ganda atau lebih, sehingga tidak terjadinya gangguan yang disebabkan sempitnya permukaan jalan.

Untuk membuat jalan angkut tambang diperlukan bermacam-macam alat, diantaranya :

1. *Bulldozer*, yang berfungsi untuk membersihkan lahan dan pembabatan, perintisan badan jalan, potong-timbun, perataan dan sebagainya.
2. Alat garuk (*ripper*), pada pengerjaannya dihubungkan dengan alat gali. Alat garu atau *ripper* biasa terdapat pada alat *tractor* seperti pada *bulldozer* tipe tertentu yaitu *tractor drawn* dan *integrated type*.
3. Alat muat, Pada dasarnya alat muat yang digunakan dalam pemindahan tanah mekanis sama dengan alat gali, artinya alat gali biasanya sudah termasuk dalam alat muat. Terutama jika material yang digalinya relatif lunak. Contohnya *Power scraper* yang dapat menggali juga dapat memuat.
4. *Motor grader*, yang berfungsi untuk meratakan dan merawat jalan.
5. Alat gilas (*compactor*), seperti namanya digunakan sebagai alat menggilas material hasil *spreading* atau *backfilling* agar material menjadi kompak dan dapat digunakan sebagai jalan. Bentuk alat gilas ini dicirikan dengan bentuk membuldar yang dapat berputar, sehingga nama alatnya adalah *Roller*.

### 3.2 Geometri Jalan Tambang

Geometri jalan perlu diperhatikan seperti jalan pada umumnya. Alat angkut tambang umumnya berdimensi lebih besar dan lebih berat dibandingkan kendaraan angkut yang bergerak di jalan raya. Oleh sebab itu, geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman. Geometri jalan angkut selalu didasarkan pada dimensi kendaraan angkut yang digunakan (Awang Suwandhi, 2004 : 4).

Dari pendapat Awang Suwandhi tersebut dapat disimpulkan bahwa geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan.

## 1. Lebar Jalan

Lebar jalan angkut pada tambang pada umumnya dibuat untuk pemakaian jalur ganda dengan lalu lintas satu arah atau dua arah. Dalam kenyataannya, semakin lebar jalan angkut maka akan semakin baik proses pengangkutan dan lalu lintas pengangkutan semakin aman dan lancar. Akan tetapi semakin lebar jalan angkut, biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan dan perawatan juga akan semakin besar.

### a. Lebar Jalan Angkut pada Kondisi Lurus.

Lebar jalan minimum pada jalan lurus dengan jalur ganda atau lebih menurut AASHTO *Manual Rular High Way Design*, lebar jalan dikali jumlah jalur ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan jalan.

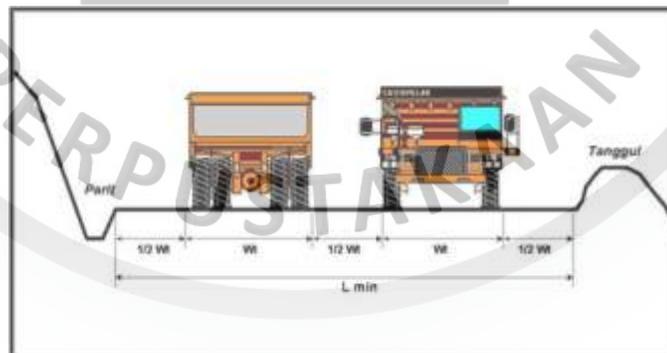
$$L_{\min} = (n \times Wt) + [(n+1)(0,5 \times Wt)]$$

Dimana :  $L_{\min}$  = Lebar jalan angkut minimum (m).

$n$  = Jumlah jalur.

$Wt$  = Lebar alat angkut (m).

Lebar jalan angkut dalam keadaan lurus terlihat pada gambar 3.1.



Sumber : Dwayne D. Tannant, 2001

**Gambar 3.1**

### Lebar Jalan Angkut Dalam Keadaan Lurus

### b. Lebar Jalan Angkut pada Tikungan.

Lebar jalan angkut pada tikungan selalu dibuat lebih besar dari pada jalan lurus. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi adanya penyimbangan lebar alat

angkutan yang disebabkan sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melintasi tikungan. Sketsa jalan pada tikungan dapat dilihat pada Gambar 3.2

Lebar jalan minimum pada tikungan dihitung berdasarkan :

- i. Lebar jejak roda,
- ii. Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok,
- iii. Jarak antart alat angkut saat bersimpangan,
- iv. Jarak jalan angkut terhadap tepi jalan.

Rumus yang digunakan untuk menghitung lebar jalan angkut minimum pada tikungan adalah :

$$W_{\min} = n(U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$C = Z = \frac{1}{2}(U + Fa + Fb)$$

Dimana :  $W_{\min}$  = Lebar jalan pada belokan (m).

$n$  = Jumlah jalur.

$U$  = Lebar jejak roda (m).

$Fa$  =  $Ad \times \sin \alpha$  (Lebar jantai depan, m).

$Fb$  =  $Ab \times \sin \alpha$  (Lebar jantai belakang, m).

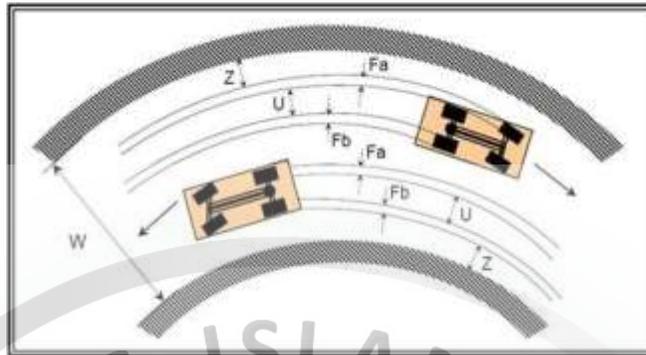
$Z$  = Lebar bagian tepi jalan (m).

$C$  = Jarak antar kendaraan (m).

$Ad$  = Jarak as roda depan dengan bagian depan *truck* (m).

$Ab$  = Jarak as roda belakang dengan bagian belakang *truck* (m).

$\alpha$  = Sudut penyimpangan roda depan ( $^{\circ}$ ).



Sumber : Dwayne D. Tannant, 2001

**Gambar 3.2**  
**Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan Untuk 2 Jalur**

## 2. Jari-jari dan *Superelevasi*

Kemampuan alat angkut untuk melewati tikungan terbatas, sehingga dalam membuat tikungan harus memperhatikan besarnya jari-jari tikungan jalan.

Masing-masing jenis *truck* mempunyai jari-jari lintasan jalan yang berbeda.

Perbedaan ini dikarenakan sudut penyimpangan roda depan pada setiap *truck* belum tentu sama. Semakin kecil sudut penyimpangan roda depan maka jari-jari lintasan akan terbentuk semakin besar, dengan begitu maka kemampuan *truck* untuk melintasi tikungan tajam berkurang. Selain itu jari-jari tikungan sangat tergantung dari kecepatan kendaraan karena semakin tinggi kecepatan maka jari-jari tikungan yang dibuat harus besar. Untuk menentukan nilai jari-jari tikungan minimum dengan mempertimbangkan kecepatan ( $V$ ), gesekan roda ( $f$ ) dan *superelevasi*, maka rumus yang digunakan adalah :

$$R = \frac{V_R^2}{g(e - f)} \rightarrow R_{\text{mac}} = \frac{V_R^2}{g(e + f)}$$

Dimana :  $R$  = Jari-jari belokan (m).

$V_R$  = Kecepatan (km/jam).

$e$  = *Superelevasi*.

$f$  = Gesekan roda (*friction factor*).

Hubungan jari-jari tikungan dengan kecepatan untuk  $e_{\text{max}} = 10\%$  yang direncanakan dalam keadaan jalan datar terlihat pada tabel 1. Berikut :

**Tabel 3.1**  
**Jari-jari Tikungan Minimum untuk Kecepatan Rencana 20 km/jam**

Vr (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R min (m)	600	370	280	210	113	77	48	27	13

Sumber : Awang Suwandhi, 2004 : 5

**Tabel 3.2**  
**Angka Superelevasi yang Direkomendasikan**

Jari-jari tikungan, feet	Kecepatan, MPH					
	10	15	20	25	30	>35
50	0.04	0.04				
100	0.04	0.04	0.04			
150	0.04	0.04	0.04	0.05		
250	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	
300	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
600	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
1000	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Sumber: Bina Marga, 1990

Dalam pembuatan jalan menikung, jari-jari tikungan harus dibuat lebih besar dari jari-jari lintasan alat angkut atau minimal sama. Jari-jari tikungan jalan angkut juga harus memenuhi keselamatan kerja di tambang atau memenuhi faktor keselamatan kerja dan keamanan, yaitu jarak pandang bagi pengemudi di tikungan, baik horizontal ataupun vertikal terhadap kedudukan suatu penghalang pada jalan tersebut yang diukur dari mata pengemudi. Kemiringan melintang jalan pada tikungan tidak bisa diabaikan. Menurut Sukiman (1999 : 74) besarnya angka *superelevasi* dapat dihitung dengan rumus :

$$e+f = \frac{V^2}{225R}$$

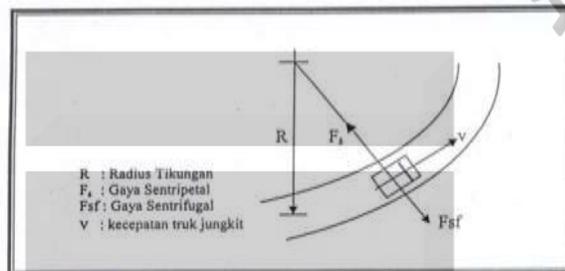
Dimana : e = Angka *superelevasi*.

f = *Friction factor*.

V = Kecepatan (km/jam).

R = Jari-jari tikungan (m).

Untuk mengatasi gaya sentrifugal yang bekerja pada alat angkut yang sedang melewati tikungan jalan ada dua cara yang dapat dilakukan, yaitu pertama dengan mengurangi kecepatan dan yang kedua adalah membuat kemiringan ke arah titik pusat jari-jari tikungan, dimana membuat elevasi yang lebih rendah ke arah pusat jari-jari tikungan dan untuk ke arah terluar jari-jari tikungan dibuat elevasi yang lebih tinggi. Kemiringan ini berfungsi untuk menjaga alat angkut tidak terguling saat melewati tikungan dengan kecepatan tertentu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.3



Sumber : Dwayne D. Tannant, 2001

**Gambar 3.3**  
**Gaya Sentrifugal Pada Tikungan**

### 3. Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Kemiringan jalan angkut dapat berupa jalan menanjak ataupun jalan menurun, yang disebabkan perbedaan ketinggian pada jalur jalan. Kemiringan jalan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan.

Kemampuan dalam mengatasi tanjakan untuk setiap alat angkut tidak sama, tergantung pada jenis alat angkut itu sendiri. Sudut kemiringan jalan biasanya dinyatakan dalam persen, yaitu beda tinggi setia seratus satuan panjang jarak mendatar. Kemiringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Grade (\%)} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

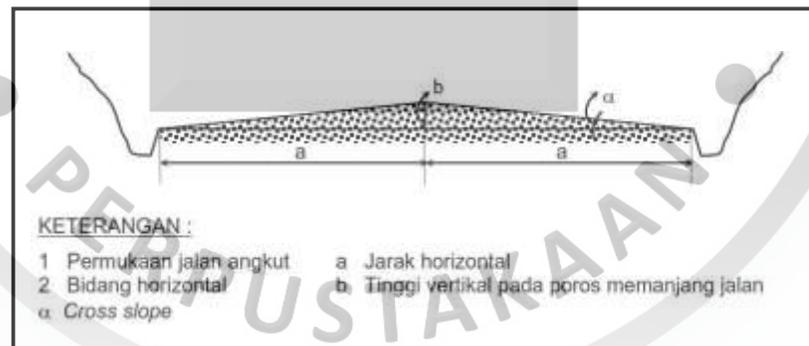
Dimana  $\Delta h$  = Beda tinggi antara dua titik segmen yang diukur (m).

$\Delta x$  = Jarak datar antara dua titik segmen yang diukur (m).

#### 4. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

*Cross slope* merupakan sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan angkut tambang mempunyai bentuk penampang melintang cembung. Dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan, tidak berhenti dan mengumpul pada permukaan jalan. Hal ini penting karena air yang menggenang pada permukaan jalan angkut akan membahayakan kendaraan yang lewat dan mempercepat kerusakan jalan. Gambar dapat dilihat pada gambar 3.4.

Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan horizontal dengan satuan mm/m atau m/m. Nilai yang umum dari kemiringan melintang (*cross slope*) yang direkomendasikan adalah sebesar 20-40 mm/m. dan jarak bagian tepi jalan ke bagian tengah atau pusat jalan disesuaikan dengan kondisi yang ada.



Sumber : Dwayne D. Tannant, 2001

**Gambar 3.4**  
**Penampang Melintang Jalan Angkut**

#### 5. Fasilitas Pendukung Kelancaran dan Keselamatan Kerja

Perawatan dan pemeliharaan jalan merupakan suatu pekerjaan yang perlu mendapatkan perhatian khusus, hal ini bertujuan untuk tidak terganggunya kegiatan operasional penambangan yang akhirnya akan mengganggu

kelancaran produksi. pada umumnya pemeliharaan jalan tambang ditekankan pada kondisi jalan dan pemeliharaan saluran air (*drainage*). Pemeliharaan jalan yang baik, tetapi pemeliharaan *drainage* yang ada kurang baik tidak akan berhasil, begitu pula sebaliknya.

Pada musim kemarau, lapisan permukaan akan berdebu yang sangat mengganggu kenyamanan dan kesehatan pekerja. Sedangkan pada musim hujan, debu tersebut akan menjadi lumpur yang menggenangi jalan dan akibatnya jalan menjadi licin. Hal ini akan menghambat laju dari alat angkut.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk keamanan dan keselamatan pengangkutan di sepanjang jalur angkut menurut Awang Suwandhi (2004), yaitu

a. Jarak Berhenti Kendaraan

Jarak berhenti kendaraan adalah jarak yang dibutuhkan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya pada saat menghadapi bahaya. Jarak pengerem merupakan jarak yang ditempuh alat angkut dari saat menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pengereman ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ban, kondisi muka jalan, kondisi perkerasan jalan dan kecepatan alat angkut.

Jarak pandang henti minimum adalah jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem ditambah jarak pengerem. Selain kecepatan dan koefisien gesekan, kondisi perkerasan jalan juga mempengaruhi didalam pengereman.

b. Jarak Pandang Pengemudi

Jarak pangan amang adalah jarak yang diperlukan oleh pengemudi untuk melihat kedepan secara bebas pada suatu tikungan, baik pandangan horizontal maupun vertikal. Jarak pandang yang aman adalah minimum sama

dengan jarak berhenti dari kendaraan sedang bergerak yang secara tiba-tiba direm.

c. Rambu-rambu Pada Jalan Angkut

Untuk lebih menjamin keamanan sehubungan dengan dioperasikannya jalan angkut tambang, maka perlu dipasang rambu-rambu lalu lintas, seperti :

- i. Tanda belokan.
- ii. Tanda persimpangan jalan.
- iii. Peringatan adanya tanjakan maupun jalan menurun.
- iv. Kecepatan maksimum yang diizinkan.
- v. Tanda peringatan karena ada jalan yang licin.
- vi. Lampu penerangan.

Lampu penerangan wajib dipasang apabila pada malam hari kendaraan beroperasi. Biasanya pemasangan sarana penerangan dilakukan berdasarkan interval jarak dan tingkat bahayanya. Untuk lokasi pemasangan sendiri berupa belokan, persimpangan jalan, tanjakan atau turunan tajam, dan jalan yang berbatasan langsung dengan tebing.

d. Tanggul Pengaman (*Safety Berms*)

Untuk menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi karena kendaraan selip, kerusakan rem, ataupun karena sebab lain, maka pada jalan angkut tambang perlu dibuat tanggul pada kedua sisi jalan. Hal ini terutama bila jalan berbatasan langsung dengan daerah curam, sehingga bila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan alat angkut tidak terperosok ke daerah yang curam.

e. Parit (*Trench*) Pada Jalan angkut

Jalan angkut tambang harus diberi penirisan maupun gorong-gorong, karena air akan menggenangi permukaan jalan dan menyebabkan becek, berlumpur atau licin pada saat hujan. Ukuran sistem penirisan tergantung pada

besarnya curah hujan, luas daerah pengaruh hujan, keadaan atau sifat fisik dan mekanik material dan tempat membuang air. Penirisan di kiri-kanan jalan angkut sebaiknya dilengkapi dengan saluran penirisan dengan ukuran yang sesuai dengan jumlah curah hujannya.

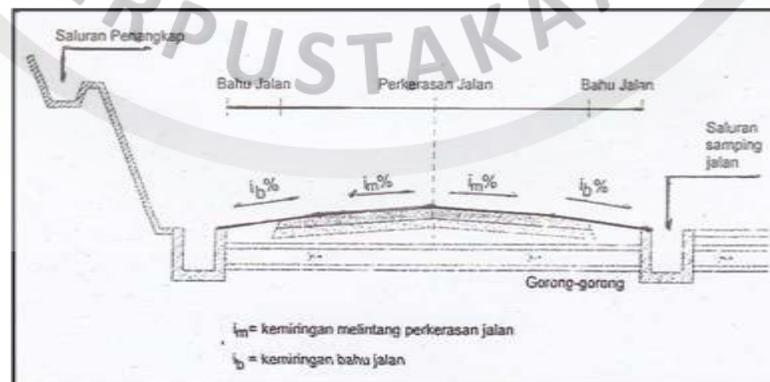
#### 6. Drainase Jalan Angkut

Sistem drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air (sungai dan danau) atau tempat peresapan buatan.

Dalam merencanakan sistem drainase jalan berdasarkan pada keberadaan air permukaan dan bawah permukaan, sehingga perencanaan drainase dibagi menjadi drainase permukaan dan drainase bawah permukaan.

Sistem drainase permukaan jalan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan di permukaan jalan dan juga dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan akibat air bajir yang melimpas di atas perkerasan jalan atau erosi pada badan jalan. Sistem drainase bawah permukaan bertujuan untuk menurunkan muka air tanah dan mencegah serta membuang air infiltrasi dari daerah sekitar jalan dan permukaan jalan atau air yang naik dari *subgrade* jalan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Sumber : Dwayne D. Tannant, 2001

**Gambar 3.5**  
**Tipikal Sistem Drainase Jalan**

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan drainase permukaan, antara lain :

a. Plot rute jalan pada peta topografi

Plot rute ini untuk mengetahui gambaran/kondisi topografi sepanjang trase jalan yang akan direncanakan sehingga dapat membantu dalam menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.

b. Inventarisasi data bangunan drainase

Dimana untuk perencanaan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang sudah ada.

c. Panjang segmen saluran

Dalam menentukan panjang segemen saluran berdasarkan pada kemiringan rute jalan dan tidaknya tempat buangan air seperti sungai, waduk, dan lain-lain.

d. Luas daerah layanan

Digunakan untuk memperkirakan daya tampung terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran. Luasan ini meliputi luas setengah badan jalan, luas bahu jalan dan luas daerah disekitarnya untuk daerah perkotaan kurang lebih 10 m sedang untuk luar kota tergantung topografi daerah tersebut.

e. Koefisien pengaliran

Angka ini dipengaruhi oleh kondisi tata guna lahan pada daerah layanan. Koefisien pengaliran akan mempengaruhi debit yang mengalir sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Oleh karena itu diperlukan peta topografi dan survey lapangan.

f. Faktor limpasan

Merupakan faktor/angka yang dikalikan dengan koefisien *runoff*, biasanya dengan tujuan supaya kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas.

g. Waktu konsentrasi

Yaitu waktu terpanjang yang diperlukan untuk seluruh daerah menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

h. Analisa hidrologi dan debit aliran air

Menganalisa data curah hujan harian maksimum dalam satu tahun (diperoleh dari BMG) dengan periode ulang sesuai dengan peruntukannya (saluran drainase diambil 5 tahun) untuk mengetahui intensitas curah hujan supaya dapat menghitung debit aliran air.

### 3.3 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat menunjukkan kemampuan dari suatu alat yang digunakan untuk berproduksi dalam waktu tertentu. Produktivitas sendiri dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{ai} = \frac{60 \times E_a}{C_a \times SF \times FF_m \times n_p}$$

Dimana :  $P_{ai}$  = Produktivitas alat angkut (BCM/jam/unit).

$E_a$  = Efisiensi kerja alat angkut (%).

$H_m$  = Kapasitas bucket alat muat (LCM).

$FF_m$  = *Fill Factor* alat muat (%).

$SF$  = *Swell Factor* (%).

$n_p$  = Banyak pemuatan.

$C_a$  = Waktu edar alat angkut (menit).

Untuk menghitung produktivitas alat terdapat beberapa parameter yang diperlukan, yaitu :

#### 3.3.1 Waktu Edar

Waktu edar merupakan waktu yang diperlukan oleh alat untuk melakukan suatu siklus kegiatan.

$$C_a = T_{HT} + T_d + T_L + T_m$$

Dimana :  $C_a$  = Waktu edar alat angkut.

$T_{HT}$  = Total HT.

$T_d$  = Waktu *dumping*.

$T_L$  = Waktu *loading*.

### 3.3.2 Fill Factor

Faktor pengisian adalah persentase volume yang sesuai atau sesungguhnya dapat diisikan ke dalam bak *truck* atau mangkok dibandingkan dengan kapasitas teoritisnya. Dalam hal ini pengisian pada *bucket* alat gali seperti *backhoe* dan *vessel* pada *dump truck* dapat memiliki faktor pengisian 100% karena dapat diisi dengan munjung atau *heaped*. Faktor pengisian adalah merupakan perbandingan antara kapasitas muat dengan kapasitas baku alat angkut dinyatakan dalam persen, semakin besar faktor pengisian maka semakin besar kemampuan nyata alat tersebut. Untuk menghitung faktor pengisian digunakan rumus sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_n}{V_t} \times 100\%$$

Dimana : FF = *Fill Factor* (%)

$V_n$  = Volume nyata (LCM).

$V_t$  = Volume teoritis (LCM).

Pada kenyataannya perhitungan *Fill factor* di lapangan dapat berupa *blade factor*, *bucket factor*, dan *payload factor*. Di antara ketiganya *payload factor* dapat dihitung dengan mudah karena berdasarkan *payload* dan jumlah *swing* yang dilakukan pada alat gali. Dalam hal ini juga diperkirakan material yang diambilnya, yakni dengan *densiy loose* material.

### 3.3.4 Swell Factor

Material yang akan digali kemudian diangkut, tentu material yang sudah memiliki tingkat kekerasan yang sedang dan sudah terberai agar dapat diangkut. *Swell factor* adalah pengembangan volume suatu material setelah digali dari tempat aslinya (*insitu*). Di alam, material diperoleh dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga hanya sedikit bagian-bagian kosong (*void*) yang terisi udara

di antara butir-butirnya. Apabila material tersebut digali dari tempat aslinya maka terjadi pengembangan volume (*swell*). Untuk menyatakan berapa besarnya pengembangan volume material tersebut dikenal istilah *Swell factor*.

1. Berdasarkan Densitas

$$SF = \frac{\rho_L}{\rho_i} \times 100\%$$

2. Berdasarkan Volume

$$SF = \frac{V_i}{V_L} \times 100\%$$

Dimana : SF = *Swell Factor* (%).

$\rho_L$  = Densitas lepas (Ton/LCM).

$\rho_i$  = Densitas insitu (Ton/BCM).

$V_i$  = Volume insitu (BCM).

$V_L$  = Volume lepas (LCM).

### 3.3.5 Efisiensi Kerja Alat

Salah satu hal yang mempengaruhi produksi dari kebutuhan alat gali-muat dan alat angkut adalah masalah kesediaan (*availability*) alat. Ketersediaan alat merupakan faktor yang menunjukkan kondisi alat-alat mekanis yang digunakan dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama waktu kerja dari alat yang tersedia.

1. Kesediaan Mekanis (*Mechanical Availability*)

Faktor yang menunjukkan kesediaan alat dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu yang digunakan untuk memperbaiki mesin, perawatan dan alasan mekanis lainnya. Jika kesediaan mekanis kecil maka kondisi mekanis alat kurang baik, jam perbaikan tinggi sehingga hanya digunakan sebagai cadangan.

$$MA = \frac{We}{\text{Total Hours}} \times 100\%$$

Keterangan :

*We* = *Working hours* atau jumlah jam kerja

Waktu yang dibebankan kepada seorang operator suatu alat yang dalam kondisi dapat dioperasikan artinya tidak rusak, meliputi setiap keterlambatan yaitu pulang ke lokasi kerja, pindah tempat, pelumasan dan pengisian bahan bakar serta keadaan cuaca.

$R =$  *Repair hours* atau jumlah jam perbaikan

Waktu untuk perbaikan dan waktu yang hilang karena menunggu saat perbaikan termasuk juga waktu untuk penyediaan suku cadang serta waktu untuk perawatan preventif.

## 2. Kesiadaan Fisik (*Physical Availability*)

Faktor yang menunjukkan kesiadaan alat untuk melakukan kerja dengan memperhitungkan waktu yang hilang karena rusaknya jalan, faktor cuaca dan lainlain. Kesiadaan fisik selalu lebih besar dari kesiadaan mekanis, berarti bahwa alat belum digunakan sesuai dengan kemampuannya.

$$PA = \frac{S}{W+S+R} \times 100\%$$

Keterangan :

$S$  = *Standby hours*

Yaitu, jumlah jam kerja suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat tersebut tidak rusak dan dalam keadaan siap operasi.

$W+S+R$  = *Scheduled hours*

Yaitu, jumlah seluruh jam kerja dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

## 3. Penggunaan Kesiadaan (*Use of Availability*)

Faktor yang menunjukkan efisiensi kerja alat selama waktu kerja yang tersedia dimana kondisi alat tidak rusak. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa efektif alat yang tidak rusak dimanfaatkan dan menjadi

ukuran seberapa baik pengelolaan peralatan yang digunakan. Persentase rendah menunjukkan bahwa pengoperasian alat tidak maksimal.

$$UA = \frac{\text{Working hours}}{\text{Working hours} + \text{Standby hours}} \times 100\%$$

Keterangan:

$W$  = *Working hours* atau jumlah jam kerja.

$S$  = *Standby hours* atau

Yaitu, jam kerja suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat tersebut tidak rusak dan dalam keadaan siap operasi.

#### 4. Penggunaan Efektif (*Effective Utilition*)

Faktor yang menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk bekerja atau persen waktu yang dimanfaatkan oleh alat untuk bekerja dari sejumlah waktu kerja yang tersedia.

$$EU = \frac{\text{Working hours}}{\text{Working hours} + \text{Scheduled hours}} \times 100\%$$

Keterangan:

$W$  = *Working hours* atau jumlah jam kerja.

$W+S+R$  = *Scheduled hours* atau total

Yaitu, jumlah seluruh jam kerja dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

#### 3.3.6 Produksi Alat

Dari perhitungan produktivitas alat angkut, dapat dihitungnya produksi dengan menggunakan rumus

$$P_a = P_{a1} \times n_a$$

Dimana :  $P_a$  = Produksi alat (BCM/jam).

$P_{a1}$  = Produktivitas alat (BCM/jam/alat).

$n_a$  = Jumlah alat.

### 3.3.7 Faktor Keserasian Alat

Faktor keserasian (*Match Factor*) adalah angka yang menunjukkan tingkat keserasian kerja antara dua macam alat, yaitu alat gali-muat dan alat angkut. Faktor keserasian dijabarkan sebagai perbandingan antara produksi alat angkut dibagi dengan produksi alat gali-muat. Apabila produksi alat angkut sama dengan produksi alat gali-muat, maka dapat diartikan bahwa kedua alat tersebut sudah serasi atau *match*. Angka faktor keserasian dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Morgan, W. and Peterson, L, 1968):

$$MF = \frac{Na \times Lt_m}{Nm \times Ca} \times 100\%$$

$$LT_m = \frac{Ha}{Hm \times Ctm}$$

Keterangan:

MF = Faktor keserasian.

Na = Jumlah Alat Angkut (unit)

Nm = Jumlah alat muat (Unit)

Cta = Waktu edar alat angkut (menit)

LTm = Waktu pemuatan alat muat (menit)

ha = Kapasitas alat angkut (LCM)

hm = Kapasitas alat muat (LCM)

Ctm = Waktu edar alat muat (menit)