

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Perencanaan Tambang (*Mine Plan*)

Ada berbagai macam perencanaan antara lain :

- a. Perencanaan jangka panjang, yaitu suatu perencanaan kegiatan yang jangka waktunya lebih dari 5 tahun secara berkesinambungan.
- b. Perencanaan jangka menengah, yaitu suatu perencanaan kerja untuk jangka waktu antara 1 – 5 tahun.
- c. Perencanaan jangka pendek, yaitu suatu perencanaan aktivitas untuk jangka waktu kurang dari setahun demi kelancaran perencanaan jangka menengah dan panjang.
- d. Perencanaan penyangga atau alternatif, bagaimanapun baiknya suatu perencanaan telah disusun. Kadang-kadang karena kemudian terjadi hal-hal tak terduga atau ada perubahan data dan informasi atau timbul hambatan yang sulit untuk diatasi, sehingga dapat menyebabkan kegagalan, maka harus diadakan perubahan dalam perencanaannya.

Agar perencanaan tambang dapat dilakukan dengan lebih mudah, masalah ini biasanya dibagi menjadi tugas-tugas sebagai berikut:

- a. Penentuan batas dari *pit*

Batas akhir penambangan (*pit limit*) merupakan batas wilayah layak tambang dari cadangan batubara. *Pit limit* penambangan menentukan berapa besar cadangan batubara yang akan ditambang yang akan

memaksimalkan nilai bersih total dari batubara tersebut. Penentuan batas akhir dari *pit* penambangan belum memperhitungkan waktu dan biaya.

b. Perancangan *sequence*

Perancangan *sequence* penambangan batubara merupakan tahapan penting dalam suatu perancangan geometri penambangan. Rancangan *sequence* penambangan menentukan lokasi awal penambangan hingga batas akhir dari kegiatan penambangan. Perancangan *sequence* atau tahap-tahap penambangan ini membagi *pit limit* menjadi unit-unit perencanaan yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola. Hal ini akan membuat masalah perancangan tambang tiga dimensi yang kompleks menjadi lebih sederhana.

c. Penjadwalan produksi

Rancangan *sequence* penambangan batubara yang telah rancang, selanjutnya diestimasi berdasarkan urutan waktu dan target produksi. Penjadwalan produksi akan menyajikan jumlah tanah penutup dan batubara yang akan ditambang berdasarkan periode tertentu.

d. Pemilihan alat

Berdasarkan peta-peta rencana penambangan dan penimbunan lapisan penutup dari tahap empat dapat dibuat profil jalan angkut untuk setiap periode waktu. Dengan mengukur profil jalan angkut ini, kebutuhan armada alat angkut dan alat muatnya dapat dihitung untuk setiap periode (setiap tahun). Jumlah alat bor untuk peledakan serta alat-alat bantu lainnya ikut diperhitungkan.

e. Perhitungan biaya-biaya operasi dan kapital

Dengan menggunakan tingkat produksi untuk peralatan yang dipilih, dapat dihitung jumlah gilir kerja (*operating shift*) yang diperlukan untuk mencapai sasaran produksi. Jumlah dan jadwal kerja dari personil yang dibutuhkan untuk operasi, perawatan dan pengawasan dapat ditentukan.

### 3.2 Perancangan Tambang (*Mine Design*)

Rancangan (*design*) adalah penentuan persyaratan, spesifikasi dan kriteria teknik yang rinci dan pasti untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan serta urutan teknis pelaksanaannya. Di Industri pertambangan juga dikenal rancangan tambang (*mine design*) yang mencakup pula kegiatan-kegiatan seperti yang ada pada perencanaan tambang, tetapi semua data dan informasinya sudah rinci (pemodelan geologi, pit potensial, pit limit, geoteknik, stripping ratio, dan data pendukung lainnya). Pada umumnya ada dua tingkat rancangan, yaitu :

- a. Rancangan konsep (*conceptual design*), yaitu suatu rancangan awal atau titik tolak rancangan yang dibuat atas dasar analisis dan perhitungan secara garis besar dan baru dipandang dari beberapa segi yang terpenting, kemudian akan dikembangkan agar sesuai dengan keadaan (*condition*) nyata di lapangan.
- b. Rancangan rekayasa atau rekapipta (*engineering design*), adalah suatu rancangan lanjutan dari rancangan konsep yang disusun dengan rinci dan lengkap berdasarkan data dan informasi hasil penelitian laboratoria

serta literatur dilengkapi dengan hasil-hasil pemeriksaan keadaan lapangan.

Rancangan konsep pada umumnya digunakan untuk perhitungan teknis dan penentuan urutan kegiatan sampai tahap studi kelayakan (*feasibility study*), sedangkan rancangan rekayasa (rekacipta) dipakai sebagai dasar acuan atau pegangan dari pelaksanaan kegiatan sebenarnya di lapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambangan (*mining stages/ mining phases pushback*), penjadwalan produksi dan material buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut biasanya juga diperjelas menjadi rancangan bulanan, mingguan dan harian. Suatu perancangan tambang mengacu pada beberapa parameter disain sebagai berikut :

a. SR (Stripping Ratio)

Secara umum, *Stripping Ratio* (SR) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah volume tanah penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan satu ton batubara.

b. *Pit Limit*

*Pit limit* merupakan batas akhir dari penambangan yang dipengaruhi oleh parameter SR, geoteknik (kemantapan lereng) dan kondisi geologi batubara.

c. Geoteknik

Didalam kajian geoteknik untuk perancangan tambang, terdapat beberapa geometri rancangan yang harus sesuai dengan rekomendasi geoteknik, yaitu :

- Tinggi Jenjang, yaitu maksimum tinggi dari jenjang yang diperbolehkan untuk didesain sesuai dengan hasil kajian geoteknik sehingga jenjang menjadi stabil/aman.
- Kemiringan Jenjang, yaitu sudut kemiringan jenjang yang diperbolehkan untuk didesain sesuai dengan hasil kajian geoteknik. Untuk desain pit bahan galian batubara, jenjang dibagi kepada 3 jenis jenjang yaitu *lowwall*, *sidewall*, dan *highwall* dengan besar sudut yang berbeda setiap jenisnya.
- Lebar *berm*, yaitu jarak antara kaki jenjang atas (*toe*) dengan kepala jenjang bawah (*crest*) yang didesain pada elevasi yang sama.
- Tinggi Lereng Keseluruhan (*Overall Bench Height*), adalah tinggi total dari jenjang dari permukaan topografi sampai kedalaman terbawah dari desain tambang (*pit bottom*).
- Kemiringan Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*), adalah sudut total dari jenjang sampai kedalaman terbawah dari desain tambang (*pit bottom*).

### 3.3 Penentuan dan Pemilihan *Pit* Potensial

Penentuan dan pemilihan *pit* potensial merupakan langkah awal dalam melakukan evaluasi cadangan batubara. Penentuan *pit* potensial ini diperlukan untuk dapat memperkirakan / memprediksi suatu areal sumberdaya batubara yang potensial untuk nantinya akan dikembangkan menjadi suatu lokasi *pit* penambangan.

Data awal yang diperlukan merupakan data yang diperoleh / dihasilkan pada saat melakukan model sumberdaya, yaitu :

- a. Peta topografi : untuk mengetahui (melihat) variasi topografi (terutama daerah tinggian – lembah).
- b. Peta geologi lokal : untuk mengetahui variasi litologi, pola sebaran dan kemenerusan lapisan batubara, serta pola struktur geologi.
- c. Peta iso-ketebalan : untuk mengetahui variasi ketebalan dari batubara, sehingga jika disyaratkan ketebalan minimum yang akan dihitung, maka peta ini dapat digunakan sebagai faktor pembatas.
- d. Peta elevasi *top* (atap / *roof*) batubara ; untuk mengetahui pola kemenerusan lapisan batubara.

Pada beberapa kondisi khusus seperti terbatasnya tinggi (tebal) *overburden* yang disyaratkan, maka Peta *Iso-overburden* ini dapat dengan cepat digunakan sebagai faktor pembatas dalam penentuan *pit limit*.

Adapun pola umum yang dapat diterapkan untuk penentuan *pit* potensial adalah sebagai berikut :

- a. Identifikasikan faktor-faktor pembatas, seperti :
  - Struktur geologi : jika pada model sumberdaya batubara diidentifikasi terdapat beberapa struktur geologi (seperti patahan), maka dapat dipisahkan menjadi beberapa *pit* potensial.
  - Kondisi litologi : jika pada model sumberdaya batubara diidentifikasi adanya blok intrusi, maka blok intrusi tersebut harus ditentukan batasnya untuk pembatas *pit* potensial.

- Kondisi geografis : jika. pada peta topografi diketahui mengalir suatu sungai yang besar dan secara teknis sungai tersebut tidak dapat dipindahkan, maka dapat dipisahkan menjadi beberapa *pit* potensial.
- Kondisi geologi batubara : jika diidentifikasi adanya ketebalan batubara yang tidak memenuhi syarat seperti tebal  $< 0,5$  m, maka dengan memanfaatkan peta isopach ketebalan dapat digunakan sebagai batas *pit* potensial.
- Kondisi geoteknik : jika diketahui *limit* (batas) ketinggian lereng maksimum, maka ini juga dapat merefleksikan batasan ketebalan *overburden* maksimum.
- Kondisi pembatas lain : misalnya adanya jalan, perkampungan, atau areal lindung, maka dengan memplotkan lokasinya dapat digunakan sebagai batas *pit* potensial.

b. Analisis peta *iso-overburden* :

Dengan memperhatikan pola kontur peta *iso-overburden*, seperti :

- Kontur rapat dan berada di dekat *cropline* batubara, menunjukkan ketebalan *overburden* relatif mempunyai variasi yang besar dan intensif. Kondisi ini dapat disebabkan oleh adanya tinggian / punggung (bukit) di atas lapisan batubara,
- Kontur relatif renggang dan mempunyai pola menjauhi *cropline* batubara. Kondisi ini menguntungkan, karena variasi ketebalan *overburden* relatif mempunyai interval yang lebar.

Dengan mengkombinasikan kedua faktor di atas (faktor pembatas dan faktor ketebalan *overburden*), maka dengan cepat lokasi *pit* potensial dapat dilokalisir (ditentukan). Dengan mengetahui lokasi *pit* potensial ini, maka optimasi cadangan batubara dapat dilakukan pada areal yang terbatas, yaitu areal yang telah dapat diprioritaskan. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat contoh penentuan lokasi *pit* potensial dengan pendekatan faktor pembatas yang berbeda.

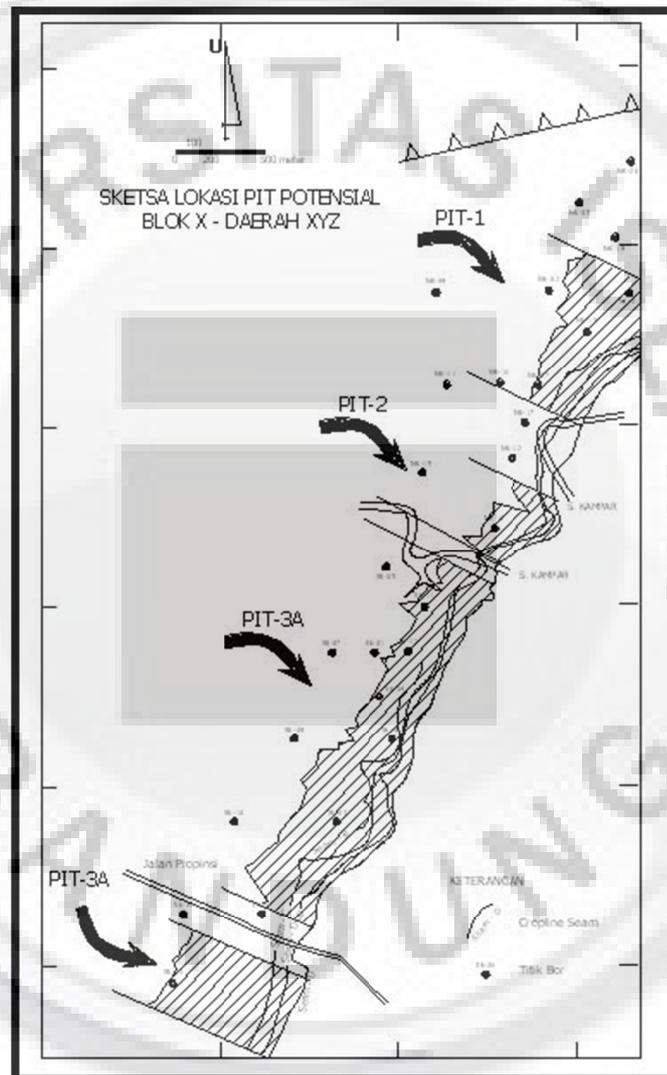
### 3.4 Batas Penambangan (*Pit Limit*)

Batas penambangan (*pit limit*) sangat menentukan jumlah produksi dan umur serta ekonomi suatu perusahaan tambang. Parameter yang mempengaruhi batas penambangan (*pit limit*) untuk menghitung cadangan tertambang (*mineable*) antara lain :

- a. Nisbah Pengupasan (*Stripping Ratio = SR*), nisbah pengupasan yang diterapkan dalam perencanaan penambangan batubara dihitung dengan pendekatan *Break Even Stripping Ratio (BESR)*.
- b. Geometri Lereng Penambangan, digunakan sebagai batasan perhitungan cadangan tertambang yang ditetapkan berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik yang dilakukan di daerah penelitian.
- c. Kondisi Topografi dan Geologi, mempertimbangkan penyebaran cadangan batubara terhadap bentuk alam yang ada.

### 3.5 Konsep Nisbah Kupas (*Stripping Ratio*)

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa ketebalan lapisan batubara dan ketebalan tanah penutup (*overburden*) merupakan faktor utama yang mengontrol kelayakan suatu pembukaan tambang batubara.



Sumber : Syafrizal, 2000

**Gambar 3.1**  
**Penentuan dan Pemilihan *Pit* Potensial**

Pengetahuan jumlah (kuantitas) batubara dan jumlah batuan penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan per unit batubara sesuai dengan metoda penambangan merupakan konsep dasar dari Nisbah Kupas

(*Stripping Ratio*). Secara umum, *Stripping Ratio* (SR) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah volume tanah penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan satu ton batubara.

Faktor *rank*, kualitas, nilai kalori, dan harga jual menjadi sangat penting dalam perumusan nilai *Stripping Ratio*. Batubara dengan harga jual yang tinggi akan memberikan Nisbah Kupas yang lebih baik daripada batubara dengan harga jual yang rendah.

Salah satu cara menggambarkan efisiensi geometri (*geometrical efficiency*) dalam kegiatan penambangan adalah dengan istilah “*Stripping Ratio*” atau nisbah pengupasan. *Stripping ratio* (SR) menunjukkan jumlah *overburden* yang harus dipindahkan untuk memperoleh sejumlah batubara yang diinginkan. Ratio ini secara umum digambarkan sebagai berikut :

$$SR = \frac{\text{Overburden (m}^3\text{)}}{\text{coal (tons)}}$$

Nilai *stripping ratio* yang diperoleh dan dibandingkan dengan nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*) yang telah dihitung sebelumnya, maka akan diperoleh bahwa secara teknis batasan kegiatan penambangan dalam pit adalah sampai nilai BESR yang dicapai dalam perhitungan *stripping ratio*

Dalam pemodelan sumberdaya, faktor ini dapat direfleksikan sebagai dasar untuk perhitungan (penaksiran) jumlah cadangan batubara. Dalam *Geological Survei Circular 891, 1983.*, ada beberapa konsep mendasar yang dapat dipahami, antara lain :

a. Ketebalan batubara minimum yang dapat diperhitungkan sebagai cadangan :

- Untuk batubara antrasit dan bituminous : ketebalan minimum adalah 70 cm dengan kedalaman maksimum 300 m.
- Untuk batubara sub-bituminous : ketebalan minimum adalah 1,5 m dengan kedalaman maksimum 300 m.
- Untuk lignit : ketebalan minimum adalah 1,5 m dengan kedalaman maksimum 150 m.

Kedalaman maksimum ini telah memasukkan pertimbangan jika penambangan diteruskan dengan metoda penambangan bawah tanah.

b. Interval ketebalan *overburden* yang disarankan untuk pelaporan perhitungan cadangan, adalah :

- Tonase batubara dengan ketebalan *overburden* 0 – 30 m,
- Tonase batubara dengan ketebalan *overburden* 30 – 60 m,
- Tonase batubara dengan ketebalan *overburden* 60 – 150 m,

c. *Recovery factor* : suatu angka yang menyatakan perolehan batubara yang dapat ditambang (dengan metoda *strip mining*, *auger mining*, atau *underground mining*) terhadap jumlah cadangan yang telah diperhitungkan sebelumnya.

Untuk mendesain suatu tambang terbuka (pit design), maka perlu dilakukan perhitungan break-even stripping ratio yang diformulasikan dalam bentuk rumus :

$$\text{BESR} = \frac{\text{Recoverable value/ton coal} - \text{Production cost/ton coal}}{\text{Stripping cost/ton waste}}$$

### 3.6 Kemajuan Tambang

Merancang bentuk-bentuk penambangan (*Mineable Geometries*) untuk menambang habis *overburden* mulai dari titik masuk awal hingga kebatas akhir penambangan. Perancangan tahapan-tahapan penambangan ini membagi *pit* penambangan menjadi unit-unit perencanaan yang lebih kecil dan mudah dikelola (*Monthly Plan, Weekly Plan, dan Daily Plan*).

Pada tahap ini elemen waktu sudah mulai dimasukkan kedalam rancangan penambangan karena urutan penambangan mulai dipertimbangkan.

Ada beberapa langkah dalam membuat suatu tahapan penambangan (*Mine Sequence*) :

1. Menghitung kembali volume *pit* dan *disposal* berdasarkan data situasi akhir penambangan.
2. Membuat *database* cadangan pada areal *pit* (*blok reserve*).
3. Menghitung jadwal produksi/kapasitas alat untuk masing-masing periode.
4. Membuat penjadwalan (*Mine Scheduling*).
5. Melakukan simulasi perhitungan volume dan menentukan batas penggalian sesuai dengan kapasitas alat.
6. Membuat desain situasi penambangan untuk periode-periode tersebut.

### 3.7 Penjadwalan Produksi

Menambang lapisan penutupnya (*waste*) di atas kertas, jenjang demi jenjang mengikuti urutan *pushback*, dengan menggunakan tabulasi tonase dan kadar untuk tiap *pushback* yang diperoleh dari tahap. Produksi lapisan penutup (*waste*) harus dilakukan dievaluasi dan hasilnya akan dipakai untuk menentukan sasaran jadwal produksi yang akan memberikan tingkat produksi dan strategi yang terbaik.

Dengan menggunakan sasaran jadwal produksi yang dihasilkan gambar atau peta-peta rencana penambangan dibuat untuk setiap periode waktu. Peta-peta ini menunjukkan dari bagian mana di dalam tambang datangnya tanah penutup dan batubara untuk tahun tersebut. Rencana penambangan tahunan ini sudah cukup rinci, di dalamnya sudah termasuk pula jalan angkut dan ruang kerja alat, sedemikian rupa sehingga merupakan bentuk yang dapat ditambang.

### 3.8 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan salah satu elemen produksi yang harus diperhitungkan di dalam upaya mendapatkan harga produksi alat per satuan waktu yang akurat. Sebagian besar nilai efisiensi kerja diarahkan terhadap operator, yaitu orang yang menjalankan atau mengoperasikan unit alat.

Dengan memperhitungkan hambatan-hambatan tersebut, maka jam kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{\text{Waktu kerja efektif}}{\text{Waktu produktif}} \times 100\%$$

Dengan mengetahui hambatan-hambatan yang dapat dihindari maupun hambatan yang tidak dapat dihindari, maka didapat waktu kerja efektif.

Efisiensi kerja sangat berpengaruh terhadap tercapainya suatu produksi. Tinggi rendahnya efisiensi kerja sangat tergantung pada faktor motivasi dan disiplin kerja operator, sedangkan produktifitas kerja sangat tergantung kepada keadaan tempat kerja, keadaan material yang digali dan dimuat serta pengalaman operator itu sendiri.

Walaupun demikian, apabila ternyata efisiensi kerjanya rendah belum tentu penyebabnya adalah kemalasan operator yang bersangkutan. Mungkin ada penyebab lain yang tidak dapat dihindari, antara lain cuaca, kerusakan mendadak, kabut dan lain-lain.

Tingkat kinerja tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi alat, perawatan alat, kondisi medan kerja dan keahlian operator. Tabel 3.1 berikut ini mungkin dapat dipakai sebagai acuan untuk membatasi porsi pekerjaan operasional dan mekanik.

Mungkin setiap perusahaan memberikan definisi yang berbeda tentang pengertian waktu tertunda, terhenti dan sebagainya; namun tabel tersebut dapatlah kiranya disesuaikan dengan kondisi di lapangan masing-masing.

Tabel 3.1  
Parameter Pengukur Efisiensi Kerja

Terjadwal ( <i>Scheduled</i> ) ;				
Tersedia ( <i>Available</i> ) ;		Perawatan ( <i>Maintenance</i> ) ;		
Jalan ( <i>Operation</i> ) ;		Terhenti ( <i>Idle</i> ) ; I	Perbaikan Mendadak; UM	Perawatan Terjadual; SM
Kerja ( <i>Working</i> );	Tertunda ( <i>Delayed</i> );			
Kerja lancar	Mengisi BBM	Diminta standby	Waktu perbaikan	Waktu perbaikan
	Ganti bit	Tak ada operator	Tunggu sukucadang	Tunggu sukucadang
	Peledakan	Makan & istirahat	Lain-lain	Lain-lain
	Mengatur alat berat	Rapat		
	Tunggu alat muat	Hujan lebat, kabut		
	Tunggu truk	Lain-lain		
	Pengawasan rutin			
	Semprot lub. bor			
	Pelumasan			
	Manuver alat			
	Pengecekan awal sebelum jalan			
	Membersihkan screen			
	Batu macet di crusher, corong, dll.			
	Rol conveyor lepas			
	Lain-lain			

### 3.9 Waktu Edar Alat Gali-muat dan Alat Angkut

Operasional menggunakan *excavator* sebagai alat gali-muat dan truk sebagai alat angkutnya. Untuk mencapai suatu sistem kerja yang efisien dan mencapai tingkat produksi yang optimal dengan biaya yang ekonomis maka perhitungan waktu edar alat gali-muat dan waktu muat dari alat angkut ini mutlak untuk diketahui.

### 3.9.1 Waktu Edar Alat Gali-muat

Waktu yang dibutuhkan oleh alat gali-muat (*excavator*) untuk melakukan penggalian dan memuat material yang digali tersebut kedalam alat angkut sampai muatan truk tersebut penuh sesuai dengan kapasitasnya. Waktu muat ini terdiri dari beberapa waktu edar gali-muat, dimana elemen dari waktu edar gali-muat tersebut antara lain:

a. Waktu menggali material

Yaitu waktu *bucket* diposisikan menggali material sampai *bucket* dalam keadaan penuh. Waktu ini sangat ditentukan oleh jenis material dan jenis penggalian (penggalian langsung atau penggalian tidak langsung).

b. Waktu memutar (*swing*) saat bermuatan

Waktu yang dihitung sejak *bucket* penuh dan siap memutar ke arah *dump body* truk sampai posisi *bucket* siap menumpahkan. Lamanya waktu ini ditentukan oleh posisi truk, bila posisi truk yang dimuati jauh maka waktu memutar ini akan lebih lama.

c. Waktu menumpahkan material kedalam truk

Waktu yang dimulai dari *bucket* siap menumpahkan material kedalam truk sampai *bucket* selesai menutup dan siap kembali memutar untuk menggali.

d. Waktu memutar (*swing*) saat muatan kosong

Waktu memutar *bucket* dalam keadaan kosong dimulai dari selesai proses menumpahkan material sampai *bucket* siap menggali material lagi.

Waktu diatas akan diulang berulang kali sampai muatan truk penuh. Jumlah dari semua elemen waktu diatas sampai truk bermuatan penuh merupakan waktu muat (*Loading time*) bagi alat gali-muat tersebut.

### 3.9.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar truk (*cycle time*) adalah waktu yang digunakan truk menyelesaikan satu siklus pengangkutan yang terdiri dari memuat material oleh alat gali-muat dan mengangkutnya ke lokasi pembuangan, membuang material tersebut, serta kembali ke alat gali muat untuk dimuati kembali.

Adapun elemen dari waktu edar ini adalah :

a. Waktu *loading* truk

Waktu ini dihitung mulai dari truk selesai manuver mundur dan siap di isi sampai truk penuh dan mulai berangkat untuk mengangkut material ke lokasi pembuangan. Waktu muat ini akan dapat lebih efisien bila alat gali-muatnya berukuran seimbang dengan kapasitas truk, kondisi *loading point* yang baik dan luas, keahlian operator alat gali-muat yang bagus dan jenis material yang digali tidak keras.

b. Waktu angkut bermuatan ke *dump area*

Dimulai sejak truk meninggalkan lokasi pemuatan menuju ke lokasi pembuangan sampai truk siap untuk manuver (pada posisi siap mundur di lokasi pembuangan). Lama waktu ini sangat berpengaruh pada kondisi jalan sehingga kecepatan truk dapat optimal dan jauh dekatnya lokasi.

c. Waktu manuver di *dump area*

Waktu yang diperlukan truk untuk memposisikan posisinya di disposal yang dihitung dari mulai mundurnya truk sampai truk berhenti dan siap membuang muatan.

d. Waktu membuang material

Waktu yang digunakan untuk membuang muatan truk yang dimulai dari saat truk berhenti manuver dan siap mengangkat *dump body* sampai truk siap hendak bergerak maju setelah muatan selesai dibuang.

e. Waktu angkut kosong

Waktu truk kembali ke lokasi alat gali-muat untuk di isi lagi muatannya. Adapun perhitungan lama waktunya sama seperti waktu angkut truk saat bermuatan.

f. Waktu manuver di *loading point*

Definisi dan perhitungan waktu ini sama seperti waktu manuver truk di *dump area*.

g. Waktu Antrian

Waktu truk pada saat menunggu antrian untuk melakukan pemuatan. Waktu ini juga tergantung pada jenis alat pemuat, posisi alat pemuat dan kemampuan alat pengangkut untuk berputar.

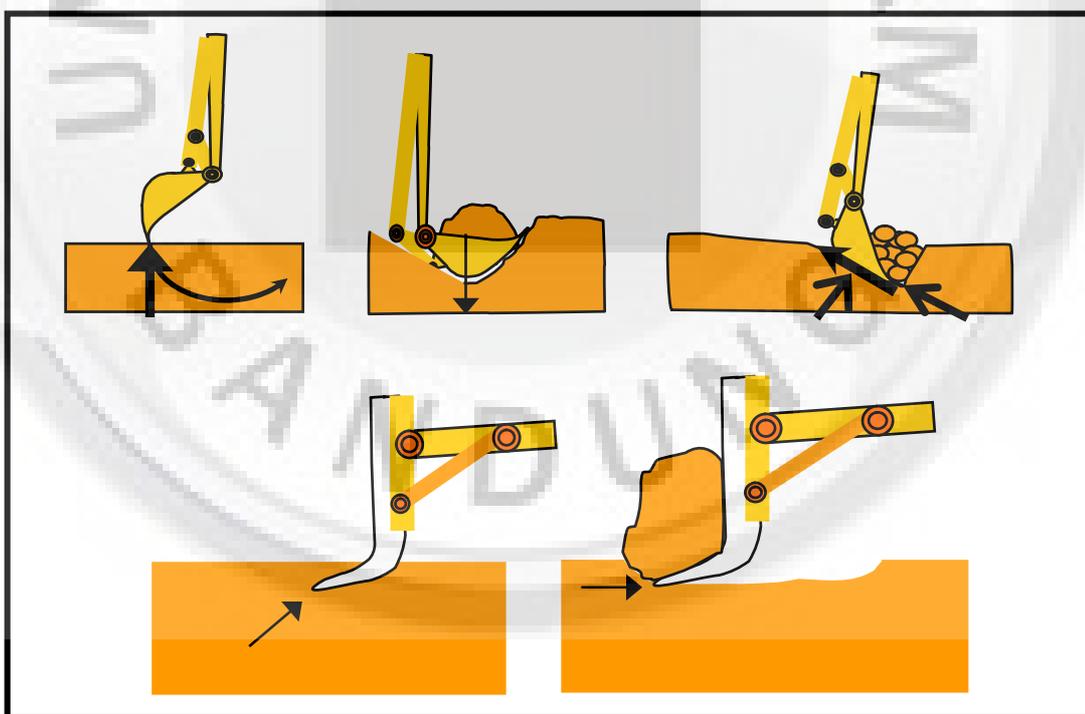
### 3.10 Taksiran Faktor Koreksi Produksi

Produktivitas merupakan salah satu tolak ukur dalam menentukan jumlah alat, menghitung biaya produksi dan memperkirakan waktu yang diperlukan. Didalam pekerjaan dilapangan sangatlah sulit untuk menentukan

angka produktivitas sebenarnya, sehingga yang dapat dihitung adalah taksiran produksinya. Untuk mendapatkan nilai yang mendekati kenyataan di lapangan maka didalam melakukan perhitungan perlu dimasukkan faktor koreksi. Berikut dibawah adalah beberapa faktor koreksi.

### 3.10.1 Faktor Pengembangan (*Sweel Factor*)

Setiap macam tanah atau batuan pada dasarnya memiliki sifat-sifat fisik dan kimiayang berbeda-beda. Pengupasan lapisan tanah penutup merupakan suatu pekerjaan untuk membuat suatu lahan galian menjadi tersingkap. Beberapa jenis tanah dianggap mudah untuk dikupas atau digusur dan diuat dalam kondisi aslinya. Tahanan gali yaitu tahanan yang dialami oleh alat gali pada waktu melakukan penggalian tanah.



Gambar 3.2  
Ilustrasi Tahanan Gali

Untuk menentukan nilai faktor pengembangan *swell factor* tanah penutup dan batubara dapat digunakan persamaan berikut :

$$\% SF = \frac{\text{Density}_{\text{loose}}}{\text{Density}_{\text{insitu}}} \times 100\%$$

$$\% SF = \frac{\text{Berat Material}_{\text{loose}} / \text{Volume}_{\text{loose}}}{\text{Berat Material}_{\text{insitu}} / \text{Volume}_{\text{insitu}}} \times 100\%$$

Berat material insitu dengan berat material *loose* akan tetap sama sehingga persamaan tersebut dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$\% SF = \frac{V_{\text{insitu}}}{V_{\text{loose}}} \times 100\%$$

### 3.10.2 Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Faktor pengisian alat muat merupakan perbandingan antara volume nyata dengan volume spesifikasi alat yang dinyatakan dalam persen. Semakin tinggi faktor pengisian maka semakin tinggi volume nyata dari alat tersebut dan berhubungan dengan jumlah pengisian terhadap alat angkut. Adapun faktor yang mempengaruhi faktor pengisian suatu alat adalah kandungan air, ukuran material, kelengketan material dan keterampilan operator.

Faktor pengisian mangkuk atau bilah merupakan perbandingan antara volume material yang ada di dalam mangkuk dengan volume teoritis mangkuk atau bilah yang dinyatakan dalam suatu persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

$FF_m$  = Faktor pengisian mangkuk atau bilah (%).

$V_n$  = Volume nyata mangkuk atau bilah ( $m^3$ ).

$V_t$  = Volume teoritis mangkuk atau bilah ( $m^3$ ).

### 3.10.3 Operator

Operator adalah manusia yang menjalankan alat dimana sulit ditentukan efisiensinya karena perubahan dari hari kehari dan tergantung oleh kondisi operator itu sendiri, cuaca, alat, suasana kerja. Efisiensi pada operator alat mekanis dipengaruhi beberapa hal, seperti kemalasan dan tingkat kesadaran. Secara umum efisiensi dipengaruhi oleh faktor hambatan yang tidak bisa dihindari dan hambatan yang bisa dihindari. Hambatan yang tidak bisa dihindari operator, seperti melumasi kendaraan, mengganti bagian yang aus, ketidaksinkronan alat angkut dengan alat muat dan menunggu peledakan disuatu daerah yang akan dilakukan. Sedangkan hambatan yang sering terjadi pada operator dan dapat dihindari :

- Awal gilir adalah jam mulai kerja lebih lama dari jadwal yang ditentukan
- Waktu Istirahat adalah berhenti bekerja yang lebih lama dari waktu yang ditentukan.
- Akhir gilir adalah waktu mulai berhenti kerja yang lebih cepat dari jadwal yang telah ditentukan.

- Berhenti bekerja adalah waktu berhenti bekerja untuk sementara. Waktu karena kerusakan mesin dari alat – alat mekanis.

### 3.10.4 Kondisi Jalan Tambang

Salah satu sasaran yang penting dalam kelangsungan operasi penambangan terutama dalam pergerakan alat-alat mekanis berupa alat muat, alat angkut dan alat garu adalah kondisi jalan tambang yang digunakan. Jalan tambang yang dimaksud disini adalah jalan angkut yang menghubungkan antara lokasi penggalian dengan lokasi penimbunan. Melihat dari fungsi jalan tambang sebagai jalan angkut utama, maka kondisi jalan tambang perlu diperhatikan untuk kelancaran kegiatan pengangkutan.

#### a. Lebar Jalan Angkut

Jalan angkut yang lebar diharapkan dapat membuat pengangkutan lancar dan aman. Lebar jalan harus diperhitungkan dengan cermat. Perhitungan lebar jalan lurus dan belok (tikungan) berbeda, karena pada posisi membelok kendaraan membutuhkan ruang gerak lebih lebar akibat jejak ban depan dan belakang yang ditinggalkan di atas jalan melebar. Disamping itu, perhitungan lebar jalan juga harus memperhatikan jumlah lajur, yaitu lajur tunggal atau lajur ganda.

#### b. Lebar Jalan Angkut Pada Jalan Lurus

Lebar minimum lajur ganda atau lebih, menurut *Aasho Manual Rural High Way Design*, harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian kiri dan kanan jalan. Cara sederhana menentukan lebar jalan yaitu menggunakan *rule of thumb*.

Seandainya lebar kendaraan dan jumlah lajur yang direncanakan masing-masing adalah  $W_t$  dan  $n$ , maka lebar jalan angkut pada jalan lurus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L = n \cdot W_t + (n+1) (1/2 \cdot W_t) \text{ atau } L = L_{\min} \times W_t$$

Dimana:

$L$  = lebar jalan angkut, meter

$L_{\min}$  = lebar jalan angkut minimum, meter

$n$  = jumlah lajur

$W_t$  = lebar alat angkut, meter

### 3.11 Produktivitas Alat

Pentingnya mengestimasi kinerja dan kemampuan produksi alat-alat mekanis/berat karena ada kaitannya dengan target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan. Interaksi antara target produksi dengan produksi per unit alat mekanis/berat akan menentukan jumlah alat yang harus dibeli sesuai dengan kapasitas, jenis material yang akan ditangani dan tingkat kemudahan pengoperasian serta perawatannya.

Disamping itu, dengan bertambahnya jam operasi alat akan mengurangi kemampuannya yang pada akhirnya akan menurunkan kinerja alat, sehingga biaya operasi dan perawatan akan meningkat. Untuk mengetahui kemampuan suatu alat sudah menurun perlu dilakukan pengontrolan secara kontinyu terhadap kapabilitasnya yang diestimasi melalui perhitungan produksi alat tersebut.

Secara umum perhitungan untuk memperkirakan produksi alat-alat mekanis/berat dapat dirumuskan sebagai berikut :

a. Produktivitas Alat Gali-muat

$$P_m = \frac{H \times FF \times SF \times (E \times 3600)}{CT_m}$$

Keterangan :

$P_m$  = Produktivitas Alat Gali-muat (BCM/jam)

$H$  = Kapasitas *Bucket* (LCM)

$FF$  = Faktor Pengisian (%)

$SF$  = Faktor Pengembangan (%)

$E$  = Efisiensi Kerja (%)

$CT_m$  = Waktu Edar Alat Gali-muat (detik)

b. Produktivitas Alat Angkut

$$P_a = \frac{n \times H \times FF \times SF \times (E \times 3600)}{CT_a}$$

Keterangan :

$P_a$  = Produktivitas Alat Angkut (BCM/jam)

$n$  = Jumlah Pengisian

$H$  = Kapasitas *Bucket* (LCM)

$FF$  = Faktor Pengisian (%)

$SF$  = Faktor Pengembangan (%)

$E$  = Efisiensi Kerja (%)

$CT_a$  = Waktu Edar Alat Angkut (detik)