

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Rancangan Tambang

Perancangan tambang biasanya dimaksudkan sebagai bagian dari proses perencanaan tambang yang berkaitan dengan masalah-masalah geometrik. Di dalamnya termasuk perancangan batas akhir penambangan, tahapan atau urutan penambangan tahunan/bulanan (*pushback*), penjadwalan produksi dan rancangan *disposal*.

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.

Pada umumnya ada dua tingkat rancangan, (*Prodjosumarto, 2004*) yaitu:

1. 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.
2. Rancangan rekayasa atau rekapipta (*engineering design*), yaitu suatu rancangan lanjutan dari rancangan konsep yang disusun dengan rinci dan lengkap berdasarkan data dan informasi hasil penelitian laboratorium serta literatur dilengkapi dengan hasil-hasil pemeriksaan keadaan lapangan.

### 3.1.1 Rancangan Geometri Lereng

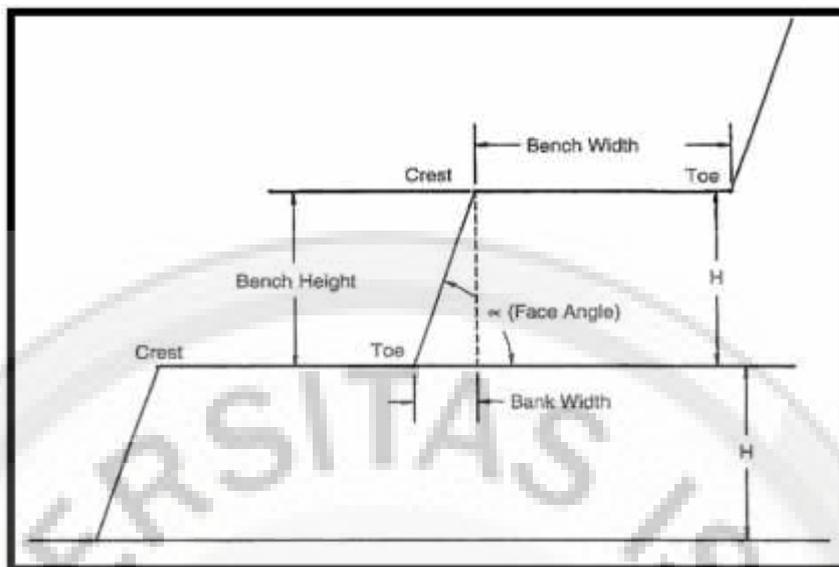
Fungsi utama dari lereng (*bench*) adalah memberikan lingkungan yang aman bagi pekerja dan alat yang beroperasi di daerah lereng. Oleh karena itu, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi:

1. Ketahanan adalah kesetabilan permukaan *bench* dan puncak *bench* (*bench crests*). Hal utama perlu dikontrol dalam kestabilan permukaan *bench* dan puncak *bench* adalah geometri *bench* dan kuat gesar lapisan tanah tersebut.
2. Keamanan yaitu lebar *bench* yang cukup untuk menahan dan mengurangi bahaya akibat batuan jatuh yang mengandung material tumpah dari *bench* di atasnya.
3. Akses *long-term* pada *bench* untuk operator yang terlibat dalam kegiatan memantau lereng atau *slope* dan membersihkan batuan yang jatuh atau tumpah.

Bagian-bagian dari *bench* terdiri dari, yaitu:

- ) Tinggi *bench*, merupakan tinggi vertikal yang diambil antara setiap *bench*. Dimana *bench* disusun menumpuk yang menjadi beberapa bagian *bench*.
- ) Lebar *bench*.
- ) Sudut muka *bench* (*bench face angle*).

Pada umumnya untuk desain lebar *bench* merupakan pertimbangan dari pengalaman operasi dan kebijakan perusahaan, untuk tinggi *bench* 15 m maka lebar *bench* minimum 7 m. Pada wilayah tertentu (seperti Inggris, Columbia dan Canada), mereka membuat ketentuan untuk lebar *bench* berdasarkan hubungan antara tinggi *bench* dan kapasitas dari alat penggali (Stacey, 2006)



Sumber: Stacey,2006

**Gambar 3. 1**  
**Sketsa Parameter Jenjang Tambang**

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh (Ritchie,1963) yang kemudian dikembangkan lagi oleh (Call,1986) telah membuat rekomendasi desain geometri jenjang yang tertera pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1**  
**Kriteria Dimensi *Bench* yang Aman (Call, 1986)**

<i>Bench Height</i> (m)	Impact Zone (m)	<i>Berm Height</i> (m)	Impact Zone (m)	Minimum <i>Bench Width</i> (m)
15	3,5	1,5	4	7,5
30	4,5	2	5,5	10
45	5	3	8	13

Sumber: Call,1986

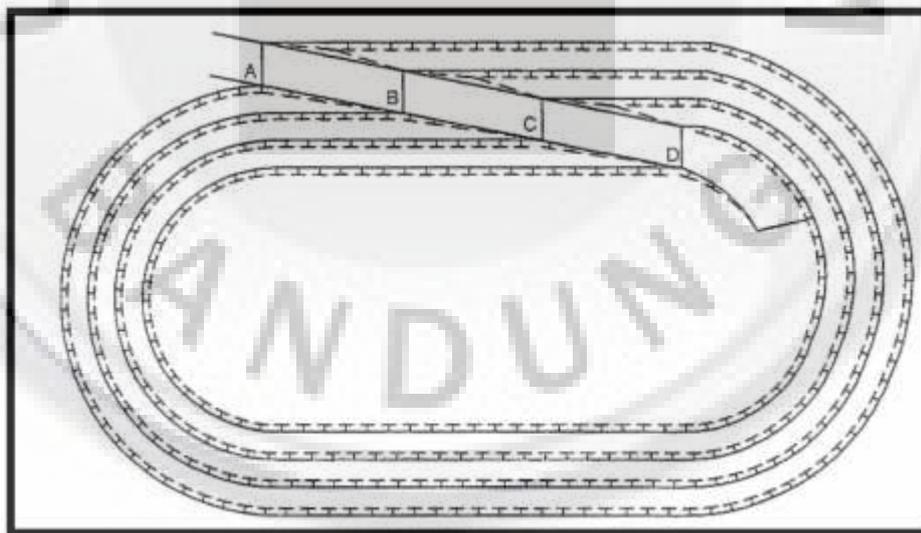
### 3.1.2 Rancangan Jalan Angkut

Jalan angkut (*ramp*) merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan tambang terbuka. Jalan harus dirancang secara awal dalam proses perencanaan karena jalan mempengaruhi secara signifikan sudut kemiringan. *Overall slope angles* tanpa jalan digunakan untuk desain awal. *Ramp* dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 (Hustrulid, dkk, 2006).

Selama proses penambangan berlangsung, jalan angkut di dalam pit (*ramp*) harus dibuat. Pemilihan *ramp* tergantung pada bentuk dan ukuran dimensi endapan bahan galian, lebar alat angkut, kestabilan lereng *pit* serta jumlah jalur jalan dan alat angkut.

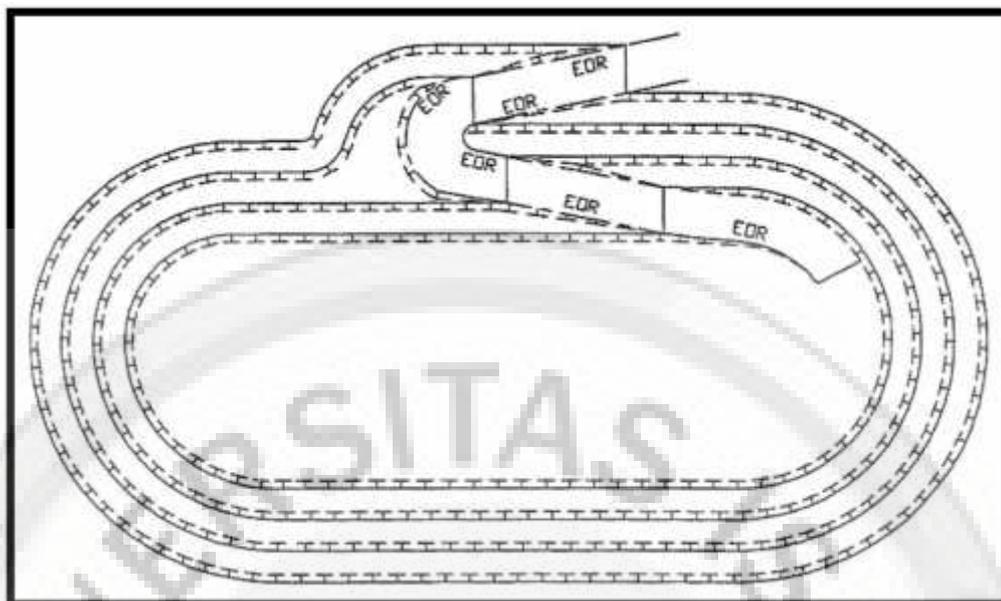
Berdasarkan bentuknya ada dua macam *ramp*, yaitu :

- a. Sistem spiral ialah jalan angkut yang disusun bertingkat sepanjang *wall* (sisi *pit*), digunakan jika kemiringan jalan yang disyaratkan sama dengan atau kurang dari kemiringan yang dapat dibuat dari atas sampai bawah *pit*. Dapat dilihat pada Gambar 3.2
- b. Sistem *switchback* atau zig-zag digunakan jika kemiringan pit dari atas sampai bawah lebih besar dari kemiringan jalan yang disyaratkan, sehingga jalan dibuat bertahap secara zig-zag, umumnya ditempatkan di *foot wall*. Dapat dilihat pada Gambar 3.3



Sumber: Hustrulid, dkk, 2006

Gambar 3. 2  
Ramp Spiral



Sumber: Hustrulid, dkk, 2006

Gambar 3. 3  
Ramp Switchback

Dalam pembuatan *ramp* atau sarana jalan mempunyai arti yang sangat penting, baik jalan yang akan digunakan untuk pengangkutan batubara ke *stockpile* maupun pengangkutan tanah ke penimbunan. Untuk itu perlu diperhitungkan dimensi jalan yang akan di buat.

1. Jalan Lurus

Untuk menentukan lebar jalan minimum yang dipakai sebagai jalur ganda atau lebih menurut *Aasho Manual Rural High Way Design* (1965) merekomendasikan pada jalan lurus di tepi kiri dan kanan jalan harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut (lihat Gambar 3.4) dalam bentuk rumus :

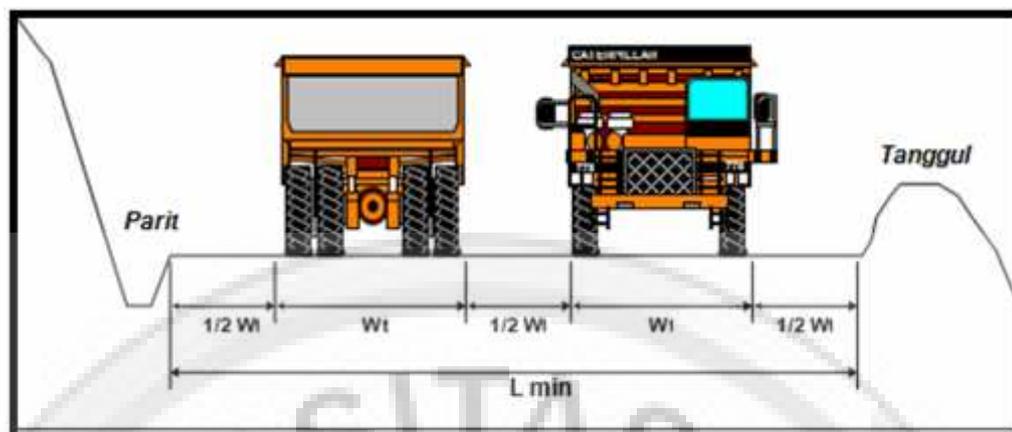
$$L = n \times Wt + (n + 1) (1/2 \times Wt) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana .:

L = lebar jalan angkut minimum, m.

n = jumlah jalur

Wt = lebar alat angkut, m.



Sumber: Prodjosumarto, 1993

Gambar 3. 4  
Lebar Jalan Angkut Dua Lajur Pada Jalan Lurus

Selain itu juga ada pendapat lain mengenai lebar jalan angkut yang direkomendasikan oleh Kaufman & Ault, 1977 .

Tabel 3. 2  
Rekomendasi Jalan Angkut

Vehicle width (ft)	1 lane	2 lanes	3 lanes
8	16	28	40
9	18	31.5	45
10	20	35	50
11	22	38.15	55
12	24	42	60
13	26	45.5	65
14	28	49	70
15	30	52.5	75
16	32	56	80
17	34	59.5	85
18	36	63	90
19	38	66.5	95
20	40	70	100
21	42	73.5	105
22	44	77	110
23	46	80.5	115
24	48	84	120
25	50	87.5	125
26	52	91	130
27	54	94.5	135
28	56	98	140

Sumber: Kaufman & Ault, 1977

## 2. Jalan Pada Belokan

Penentuan lebar jalan didasarkan pada lebar lintasan *truck*, yaitu lebar tonjolan kendaraan bagian depan dan bagian belakang pada saat membelok. Lebar jalan angkut pada belokan selalu lebih besar daripada lebar jalan lurus. Untuk jalur ganda, maka lebar minimum pada belokan didasarkan atas; (lihat Gambar 3.5)

- ) Lebar jejak ban.
- ) Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat-angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok.
- ) Jarak antara alat angkut pada saat bersimpangan .
- ) Jarak dari kedua tepi jalan.

Rumus yang digunakan :

$$W = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

W = lebar jalan angkut pada belokan, m.

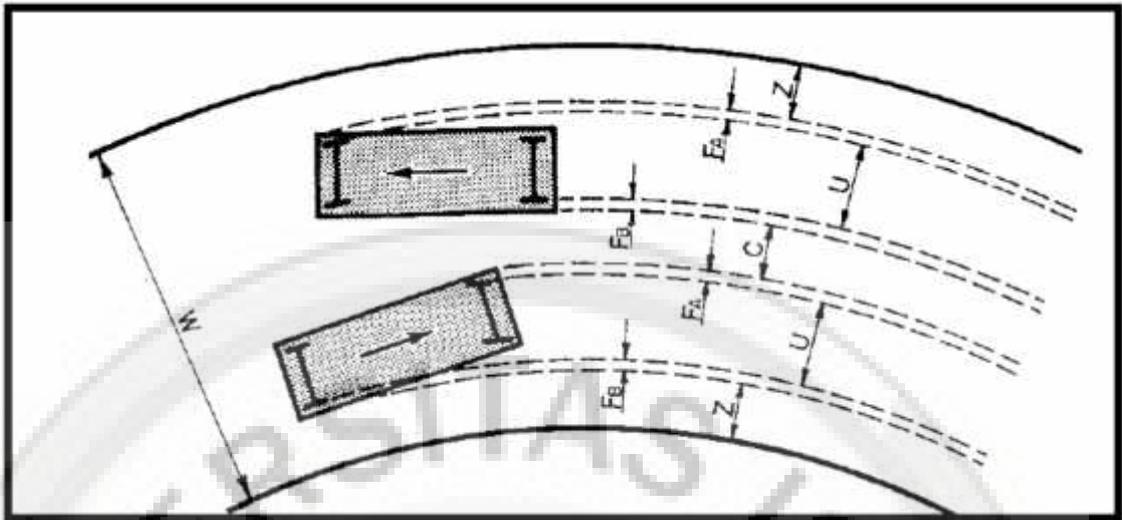
U = lebar jejak roda (*center to center tires*), m.

Fa = lebar jantai (*overhang*) depan, m.

Fb = lebar jantai belakang, m.

Z = lebar bagian tepi jalan, m.

C = Jarak antara kendaraan (*total lateral clearance*),m.



Sumber: Monenco, 1989

Gambar 3. 5  
Lebar Jalan Angkut Dua Lajur Pada Jalan Belokan

Kemiringan dari jalan (*grade*) memiliki pengaruh pada segi keamanan dan ekonomis. Dalam banyak kasus, nilai *grade* bervariasi antara 0 dan 12% untuk jalan angkut yang jauh dan untuk jalan angkut jarak dekat nilai *grade* mendekati 20%. Bagaimanapun, pada umumnya *grade* pada jalan angkut tambang memiliki kisaran *grade* antara 6% dan 10%. Hal ini biasa merupakan langkah terbaik menggunakan *grade* dalam mendesain jalan tambang jangka panjang daripada menggunakan kombinasi antara kemiringan yang landai (*curam*) dan datar. Persimpangan harus dibuat sedatar mungkin dan harus di hindari pada bagian puncak *ramp* (Tannant & Regensburg, 1992)

Kemiringan atau "*grade*" jalan angkut merupakan satu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan tambang tersebut. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dari pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan.

Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan ( ) 1 % berarti jalan tersebut naik atau turun 1 meter

atau 1 ft untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 meter atau 100 ft. Kemiringan (*grade*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Grade} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

h : Beda tinggi antara dua titik yang diukur.

x : Jarak datar antara dua titik yang diukur.

Di dalam area pit kemiringan pada jalan angkut dipertimbangkan. Kemiringan jalan yang memiliki kondisi curam dan menanjak dengan alat angkut yang dipenuhi muatan semestinya disediakan jalan yang panjang untuk mengurangi *grade* dari jalan. Seharusnya *grade* yang maksimum dipertimbangkan maksimal sekitar 10% (Couzens, 1979).

### 3.1.3 Pengendalian Air Tambang

Terdapat dua cara pengendalian air yang sudah terlanjur masuk ke dalam front penambangan, yaitu dengan sistem kolam terbuka (*sump*) atau membuat paritan dan membuat adit. Sistem penyaliran dengan membuat kolam terbuka dan paritan biasanya ideal diterapkan pada tambang open pit, open cast atau quarry, karena dapat memanfaatkan gravitasi untuk mengalirkan airnya dari bagian puncak atau lokasi yang lebih tinggi ke tempat yang rendah. Pompa yang digunakan pada posisi ini lebih efisien, efektif dan hemat energi. Pada tambang open pit penggunaan pompa menjadi sangat vital untuk menaikkan air dari dasar tambang ke permukaan dan kerja pompa pun cukup berat. Kadang kadang tidak cukup digunakan hanya 1 unit pompa, tetapi harus beberapa pompa yang dihubungkan seri untuk membantu daya dorong dari dasar sampai permukaan. Artinya unsur biaya pemompaan harus mendapat perhatian.

Beberapa hal yang menguntungkan pada sistem ini dapat dijadikan pertimbangan, yaitu:

1. Lebih fleksibel, hanya sedikit perencanaan, tidak memerlukan biaya tinggi dan waktu pengerjaan singkat.
2. Efek terhadap penurunan permukaan air tanah regional dapat dikurangi, biasanya laju dan kapasitas air yang dipompakan ke atas dilakukan sesuai kebutuhan.
3. Pompa ditempatkan dekat dengan *sump*, sehingga efisiensinya tinggi.
4. Bila air di dalam tambang berkurang, maka biaya pemompaan menjadi kecil.
5. Bila aliran air menuju tambang cukup deras diperlukan beberapa *sump* dan pompa. Dalam kondisi ini biaya pemompaan diperhitungkan hanya untuk masing masing *sump* dan pompa saja. Cara ini paling mudah untuk menangani air limpasan.

### **3.2 Rancangan Tambang Berdasarkan Waktu**

#### **A. Jangka Pendek (*Short Term Plan*)**

1. *Daily Plan* adalah rencana produksi harian meliputi aktifitas target produksi berdasarkan kondisi aktual dilapangan.
2. *Weekly Plan* ini berupa peta dan tabel yang berisi rencana target produksi, *design*, *fleet position*, volume yang akan diambil, lokasi, jarak, pekerjaan yang akan dilakukan, dan *maintenance schedule*, utilisasi dan *availability* alat, dalam seminggu kerja.
3. *Monthly Plan* berupa *design* tambang dan rencana pekerjaan yang akan dilakukan dalam 1 bulan.
4. *Three Months Rolling Mineplan* adalah rencana penambangan 3 bulan ke depan mencakup perencanaan detail selama 1 bulan pertama ditambah dengan perencanaan 2 bulan selanjutnya dan diupdate setiap bulan merujuk pada perencanaan tahunan.

## B. Jangka Panjang (*Long Term Plan*)

Rencana desain tambang dan rencana pekerjaan yang akan dilakukan selama proses penambangan berjalan sampai dengan penutupan tambang (reklamasi, rehabilitasi). Rencana tahunan yang mengacu pada target produksi dan *mine design customer* yang meliputi target produksi bulanan, *mine design*, schedule kerja, dan aktivitasnya beserta parameter yang disepakati sebagai acuan kerja untuk aktivitas satu tahun kedepan.

### 3.3 Kemajuan Tambang

Kemajuan tambang (*pushback*) adalah bentuk-bentuk penambangan (*mineable geometries*) yang menunjukkan bagaimana suatu pit akan ditambang, dari titik masuk awal hingga ke bentuk akhir pit. Nama lain dari *pushback* adalah *phases*, *slices*, *stages*. Tujuan utama dari pentahapan ini adalah untuk membagi seluruh volume yang ada dalam pit ke dalam unit-unit perencanaan yang lebih kecil sehingga lebih mudah ditangani. Dengan demikian, problem perancangan tambang 3 dimensi yang amat kompleks ini dapat disederhanakan. Selain itu, elemen waktu dapat mulai diperhitungkan dalam rancangan ini karena urutan penambangan tiap-tiap *pushback* merupakan pertimbangan penting.

Tahapan penambangan yang dirancang secara baik akan memberikan akses ke seluruh daerah kerja dan menyediakan ruang kerja untuk operasi peralatan dan manusia. Lebar ruang kerja minimum yang digunakan pada saat penambangan sangat penting ditentukan di awal perancangan agar alat-alat dapat berfungsi optimum sesuai dengan rencana penambangan. Menurut Philip G.Morrey, penentuan lebar minimum ruang operasi dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$MWS = SWDT + RCR + DOR + TW/2 + SWDS \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

MWS = Ruang kerja minimum dengan *backhoe* sebagai radius operasi (m)

SWDT = Jarak aman kerja *backhoe* ke dinding lereng (m)

RCR = Clearance radius dari *backhoe* (m)

DOR = Radius operasi dari *backhoe* (m)

TW = Lebar truk (m)

SWDS = Jarak aman kerja dari truk ke timbunan atau dinding lereng (m)

Terdapat beberapa langkah yang diperhatikan dalam rancangan tahapan penambangan (*Mathieson, 1982*) adalah :

1. Tingkat produksi lapisan tanah penutup dan batubara maksimum yang tertambang pada setiap tahapan penambangan.
2. Ukuran dan jenis alat yang digunakan sehingga lebar minimum jentang operasi dapat ditentukan.
3. Dimensi jalan masuk, ruang kerja dan sudut lereng akhir.
4. Penentuan atas penambangan.
5. Merancang tahapan penambangan secara detail dengan melibatkan jalan angkut dan dimensi lereng tunggal dengan memperhatikan tonase cadangan dan lapisan tanah penutup pada selang kedalaman tertentu.

Penampilan rancangan kemajuan tambang dapat berupa :

1. Peta penampang horisontal tampak atas (*plan/level map*) memperlihatkan bentuk pit pada akhir tiap tahap. Bila mungkin tandai setiap perubahan.
2. Peta penampang horisontal yang menunjukkan batas seluruh *pushback* pada satu atau dua elevasi jentang.
3. Peta penampang vertikal tampak samping (*cross section*) yang menunjukkan geometri seluruh *pushback* sering berguna pula.

### 3.4 Pemilihan Alat Mekanis

Dalam memilih metode penambangan tertentu dan peralatan, tujuan tertinggi adalah material (limbah atau lapisan tanah penutup) dapat dipindahkan dengan ongkos sekecil mungkin (Pfleider, 1973). Sebagai kaidah umum, biasanya semakin besar yang layak dan aman untuk kondisi tertentu adalah peralatan yang dapat menangani material dengan jumlah yang besar, yang mempunyai keuntungan dari segi produktifitas, akan tetapi memiliki keterbatasan dalam hal mobilitas.

Faktor – faktor yang menjadi alasan pemilihan alat pada rancangan kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup secara garis besar meliputi :

1. Volume serta karakteristik cadangan dan lapisan tanah penutup, rencana produksi, geometri lereng, dan umur tambang.
2. Jenis pekerjaan, *morfologi*, dan jarak angkut.
3. Ketersediaan operator yang terampil, suku cadang, perawatan yang mudah serta efisiensi tinggi dari alat tersebut.
4. Mobilisasi alat.

### 3.5 Produksi Alat Mekanis

Produksi alat pemindahan tanah mekanis dapat dihitung dengan beberapa cara, yaitu tergantung dari ketelitian yang dikehendaki, yang umum digunakan adalah :

1. Perhitungan langsung (*direct computation*), yaitu suatu cara perhitungan dengan memperhatikan tiap-tiap faktor yang mempengaruhi produksi untuk menentukan volume asli (*pay load*) atau ton yang dapat dihasilkan oleh masing-masing alat yang dipergunakan. Cara ini ternyata yang paling teliti dari yang lain-lainnya, karena semua kondisi yang mungkin akan dihadapi sudah diperhitungkan berdasarkan data lapangan yang tersedia.

2. *Tabular method*, adalah suatu cara perhitungan dengan menggunakan 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 tersebut. Pada cara ini semua pekerjaan yang sifatnya disamaratakan, sehingga variabel yang selalu dimiliki oleh tiap proyek yang jarang-jarang dapat disamakan dengan keadaan di tempat lain diasumsikan serupa. Sebenarnya hal itu tidak benar, oleh sebab itu cara ini menjadi kurang teliti, meskipun cara perhitungan lebih sederhana.
3. *Slide rule method*, ialah cara perhitungan dengan memakai *manufacturer's earthmoving calculators*, dan itu tidak lain dari *slide rule* khususnya yang dibuat untuk tiap-tiap alat dengan memasukkan semua prinsip perhitungan yang digunakan pada cara perhitungan langsung. Perhitungan menjadi sangat sederhana dan cepat, tetapi hasilnya kurang teliti dan kadang-kadang terlalu berlebih-lebihan. 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*), kurang lebih sama dengan cara pertama hanya bagian-bagian yang dianggap tidak begitu penting diabaikan atau disederhanakan, sehingga perhitungan-perhitungannya menjadi lebih mudah dan singkat. Hal itu pada umumnya dilakukan dengan mengabaikan beberapa perhitunganyang teliti, dan sebagai gantinya diambil angka rata-rata berdasarkan pertimbangan yang menghitungnya. Kalau yang mengambil keputusan itu orang-orang yang sudah banyak

pengalamannya, pengambilan angka rata-rata tersebut 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 :

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

Berdasarkan pertimbangan bahwa 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 (*guesstimating*)

### 3.5.1 Memperkirakan Produksi Alat Muat

Pengamatan terhadap gerakan dan waktu pemuatan alat gali muat meliputi berapa bagian, yaitu :

1. Waktu gali (*digging time*).
2. Waktu putar/isi (*swing time/loaded*).
3. Waktu pengosongan/tumpah (*dumping time*).
4. Waktu putar/kosong (*swing time/empty*).

Waktu gali dihitung mulai saat *bucket* alat muat menyentuh permukaan tanah yang siap untuk digali dan berakhir bila *bucket* dari alat muat terisi penuh. Waktu berputar terus dihitung hingga *bucket* dari alat muat mulai menumpahkan muatannya kedalam *dump truck*. Waktu pengosongan terus dihitung hingga muatannya habis ditumpahkan.

Sedangkan waktu berputar *bucket* dalam keadaan kosong dihitung terus, hingga posisi *bucket* dari alat muat kembali dan siap untuk melakukan pemuatan

selanjutnya.

Waktu edar alat muat mengacu pada spesifikasi dari alat muat (Komatsu,2009):

**Tabel 3.3**  
**Standard Cycle Time Untuk Tipe Backhoe**

Model	Digging conditions			Backhoe application
	Easy	Average	Severe	
PC3000	23 ~ 25	26 ~ 28	29 ~ 31	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Truck on lower level</li> <li>• Average swing 45°</li> </ul>
PC4000	23 ~ 26	27 ~ 29	30 ~ 32	
PC5500	24 ~ 27	28 ~ 30	31 ~ 33	
PC8000	25 ~ 28	29 ~ 31	32 ~ 34	

Model	Digging conditions			Backhoe application
	Easy	Average	Severe	
PC3000	32 ~ 35	36 ~ 38	39 ~ 41	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Truck on upper level</li> <li>• Average swing 120°</li> <li>• Optimized working depth 4-5 m (13'1"-16'5")</li> </ul>
PC4000	33 ~ 36	37 ~ 39	40 ~ 42	
PC5500	34 ~ 37	38 ~ 40	41 ~ 43	
PC8000	35 ~ 38	39 ~ 41	42 ~ 44	

Model	Digging conditions			Backhoe application
	Easy	Average	Severe	
PC3000	26 ~ 29	30 ~ 32	33 ~ 35	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Split bench application</li> <li>• Average swing 90°-120°</li> </ul>
PC4000	27 ~ 30	31 ~ 33	34 ~ 36	
PC5500	28 ~ 31	32 ~ 34	35 ~ 37	
PC8000	29 ~ 32	33 ~ 35	36 ~ 38	

Sumber: Komatsu, 2009

**Tabel 3.4**  
**Standard Cycle Time Untuk Tipe Shovel**

Model	Digging conditions			Front shovel application
	Easy	Average	Severe	
PC3000	24 ~ 26	27 ~ 29	30 ~ 32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Truck on same level</li> <li>• Average swing 60°</li> </ul>
PC4000	24 ~ 27	28 ~ 30	31 ~ 33	
PC5500	25 ~ 28	29 ~ 31	32 ~ 34	
PC8000	26 ~ 29	30 ~ 32	33 ~ 35	

Sumber: Komatsu, 2009

Untuk menghitung kemampuan produksi alat gali-muat, dalam hal ini *backhoe*, digunakan persamaan (Prodjosumarto,1993) :

$$P = H \times \frac{3}{c} \times E \times I \times FF \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

P = Kemampuan Produksi alat, (BCM/Jam).

CT = Waktu edar, (detik).

E = Efisiensi kerja, (%).

I = *Swell factor, "in bank correction factor", %*

FF = Fill Factor, (%)

H = *Heaped Capacity* (m<sup>3</sup>).

### 3.5.2 Memperkirakan Produksi Alat Angkut

Pengamatan terhadap gerakan dan waktu *dump truck* meliputi beberapa bagian diantaranya :

Waktu edar alat angkut dihitung dari gerakan sebagai berikut:

1. Waktu untuk pengisian bak, dihitung dari alat muat mulai mengisi material kedalam bak alat angkut sampai terisi penuh.
2. Waktu untuk mengangkut material, dihitung pada saat *dump truck* mulai bergerak meninggalkan tempat *loading area* sampai *dumping area*.
3. Waktu untuk *manuver*, dihitung pada saat berputar mundur untuk siap menumpahkan material ke *dumping area* atau *stock pile*.
4. Waktu untuk mengosongkan bak, dihitung pada saat *truck* telah mengambil posisi untuk *dumping* sampai bak *truck* terangkat menumpahkan seluruh material yang diangkut.
5. Waktu kembali kosong, dihitung pada saat *truck* bergerak meninggalkan *dumping point* sampai tempat pemuatan.
6. Waktu atur posisi pemuatan, dihitung pada saat *truck* bergerak mundur untuk siap diisi kembali.

Waktu pengisian dihitung mulai alat muat menumpahkan muatan ke dalam *dump truck* dan berakhir bila *dump truck* bergerak dari tempat alat muat, dimana waktu pengangkutan mulai dihitung hingga *dump truck* berhenti pada tempat penimbunan (*disposal*), waktu pengosongan dihitung termasuk waktu berputar, mundur dan mengosongkan muatan. Sedangkan waktu kembali ditentukan bila

*dump truck* bergerak dari tempat penimbunan dan berakhir bila berhenti pada tempat pengisian di depan alat muat. Waktu menunggu termasuk waktu yang dibutuhkan untuk penyesuaian pada posisi pengisian.

**Tabel 3.5**  
**Standar Waktu Atur Posisi**

Kondisi Kerja	Waktu (menit)
Baik	0,1 - 0,2
Sedang	0,25 - 0,35
Kurang Baik	0,4 - 0,5

Sumber : Komatsu, 2009.

**Tabel 3.6**  
**Standar Waktu Dumping**

Kondisi Kerja	Waktu (menit)
Baik	0,5 - 0,7
Sedang	1 - 1,3
Kurang Baik	1,5 - 2

Sumber : Komatsu, 2009.

Untuk menghitung besarnya produksi alat angkut yang digunakan dapat diketahui dengan rumus (Prodjosumarto, 1993):

$$P = C \times E \times \frac{60}{CT} \times SF \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- P = Produksi, (BCM/Jam)
- CT = Waktu Edar alat angkut, (menit).
- E = Efisiensi kerja operator, (%).
- C = Kapasitas Vesel / bak Truck ( $m^3$ )

$$\text{Capacity of vessel} = C \text{ m}^3$$

$$C = n \times H \times BF \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

$n$  = Jumlah ritase pengisian

$H$  = *Heaped Capacity* (Kapasitas *bucket shovel/excavator*)

$BF$  = *Bucket Factor*

Dimana  $n =$

$$n = \frac{C}{H \times FF} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

$C$  = *Capacity of vessel* (LCM)

$H$  = *Heaped capacity* (LCM)

$FF$  = *Fill factor* (%)

Hasil dari perhitungan  $n$  merupakan nilai atau angka pembulatan.

### 3.6 Lapisan tanah penutup

Lapisan tanah penutup adalah semua lapisan tanah/batuan yang berada di atas dan langsung menutupi lapisan bahan galian berharga sehingga sehingga perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat menggali bahan galian berharga tersebut. Lapisan tanah penutup yang dapat ditemui umumnya dikelompokkan menjadi beberapa sifat yaitu (*Peurifoy, R. L., 1970*):

1. Material yang sangat mudah digali (sangat lunak)
  - a. Material yang mengandung sedikit air, misalnya pasir, tanah biasa, kerikil, campuran pasir dengan tanah biasa.
  - b. Material yang banyak mengandung air, misalnya pasir lempungan, lempung pasiran, lumpur dan pasir yang banyak mengandung air (*quick sand*).

2. Material yang lebih keras (lunak)

Misalnya tanah biasa yang bercampur kerikil, pasir yang bercampur dengan kerikil, pasir yang kasar.

3. Material yang setengah keras (sedang)

Misalnya batubara, *shale* (*clay* yang sudah mulai kompak), batuan kerikil yang mengalami sementasi dan pengompakan, batuan beku yang sudah mulai lapuk, dan batuan-batuan beku yang mengalami banyak rekahan-rekahan.

4. Material yang keras

Misalnya *sandstone*, *limestone*, *slate*, *vulcanic tuff*, batuan beku yang mulai lapuk, mineral-mineral penyusun batuan yang telah mengalami sementasi dan pengompakan.

5. Material sangat keras

Misalnya batuan-batuan beku dan batuan-batuan metamorf, contohnya granit, andesit, *slate*, kuarsit dan sebagiannya.

6. Batuan yang masif

Yaitu batuan-batuan yang sangat keras dan kompak seperti batuan beku berbutir halus.

Berdasarkan sifat-sifat tersebut, metode pengupasan tanah penutup dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Material yang sangat lunak dapat dilakukan dengan menggunakan *Excavator backhoe*, *dragline*, *power shovel* dan lain-lain, tidak perlu dilakukan peledakan.
2. Material yang setengah keras, umumnya dibongkar terlebih dahulu dengan menggunakan *ripper*.

3. Material yang keras, pembongkarannya dilakukan dengan penggaruan, atau peledakan.
4. Material yang sangat keras – masif, tidak dapat digali dengan alat gali sehingga harus dilakukan peledakan.

### 3.6.1 Faktor Pengembangan Material

Untuk menentukan nilai faktor pengembangan (*swell factor*) lapisan tanah penutup dapat ditentukan sebagai berikut (*Prodjosumarto, 1993*).

**Tabel 3. 7**  
***Swell Factor dan Density***

Macam Material	Density insitu	Density insitu	Swell factor
	(lb/cu yd)	(ton/m <sup>3</sup> )	
Bauksit	2.700 – 4.325	1,7658 - 2,82855	0,75
Tanah Liat Kering	2.300	1.5042	0,85
Tanah Liat Basah	2.800 – 3.000	1,8312 - 1,962	0,80 - 0,82
Antrasit	2.200	1,4388	0,74
Bituminus	1.900	1,2426	0,74
Bijih Tembaga	3.800	2,4852	0,74
Tanah Biasa Kering	2.800	1,8312	0,85
Tanah Biasa Basah	3.370	2.20398	0,85
Tanah Biasa Bercampur Dengan Pasir dan Kerikil	3.100	2,0274	0,9
Kerikil Kering	3.250	2,1255	0,89
Kerikil Basah	3.600	2,3544	0,88
Granit Pecah-pecah	4.500	2,943	0,56 - 0,67
Hematit Pecah-pecah	6.500 – 8.700	4,251 - 5,6898	0,45
Bijih Besi Pecah-pecah	3.600 - 5500	2,3544 - 3,597	0,45
Batu Kapur Pecah-pecah	2.500 – 4.200	1,635 - 2,7468	0,57 - 0,60
Lumpur	2.160 – 2.970	1,41264 - 1,94238	0,83
Lumpur Sudah Di Tekan	2.970 – 3.510	1,94238 - 2,29554	0,83
Pasir Kering	2.200 – 3.250	1,4388 - 2,1255	0,89
Pasir Basah	3.300 – 3.600	2,1582 - 2,3544	0,88
Serpil	3.000	1,95	0,75
Batu Sabak	4590 - 4860	3,00186 - 2,3544	0,77

**Sumber: Prodjosumarto, 1993**

### 3.6.2 Pengisian Mangkok Atau Bilah

Faktor isian (*Fill Factor*) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan alat. Hubungan antara faktor isian mangkuk dengan produksi peralatan mekanis yang dipakai adalah semakin besar faktor isian yang dapat dicapai suatu alat, berarti semakin besar produksi alat tersebut. Demikian sebaliknya, semakin kecil faktor isian yang dicapai suatu alat, maka semakin kecil produksi yang dapat dicapai. Berikut faktor pengisian menurut (*Catterpillar,2011*)

**Tabel 3.8**  
**Bucket Fill Factor**

<b>Loose Material</b>	Fill Factor (%)
Mixed Moist Aggregates	95-100
Uniform Aggregates up to 3 mm (1/8")	95-100
3 mm - 9 mm (1/8" - 3/8")	90-95
12 mm - 20 mm (1/2" - 3/4")	85-90
24 mm (1") and over	85-90
<b>Blasted Rock</b>	
Well Blasted	80-95
Average Blasted	75-90
Poorly Blasted	60-70
<b>Other</b>	
Rock Dirt Mixtures	100-120
Moist Loam	100-110
Soil, Boulders, Roots	80-100
Cemented Materials	85-95

Sumber: *Catterpillar Performance Handbook,2011*