

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. ROM**

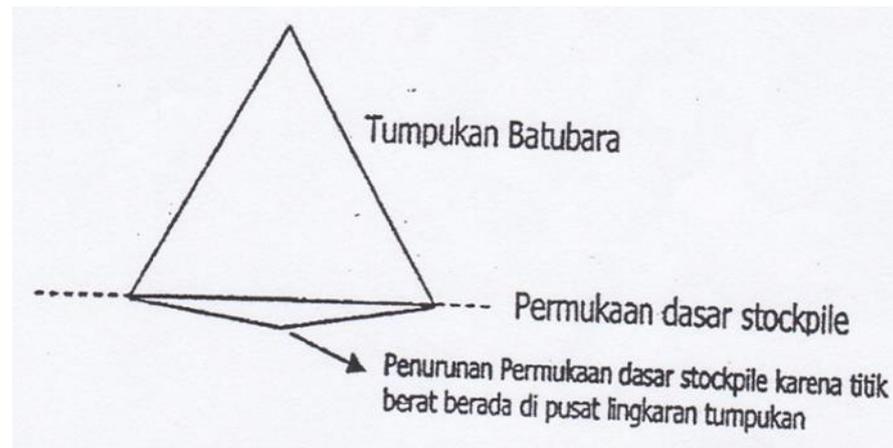
ROM (*Run of Mine* atau *Raw of Mine*) yang juga dikenal *stockpile* merupakan suatu tumpukan material batubara yang menjadi tempat penyimpanan sementara batubara sebelum dilakukan distribusi atau pemasaran. Material yang terdapat pada ROM didapat dari hasil *dumping* oleh *dump truck* ataupun curahan dari *conveyor*. Lokasi ROM umumnya terletak di daerah yang strategis sehingga mudah untuk didistribusikan misalnya di dekat daerah *front* penambangan atau di dekat pelabuhan (Mulyana, 2005).

Lokasi daerah tanah lapangan tempat penimbunan batubara (*coal stockyard*) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Harus terletak di daerah yang stabil, rata dan luas,
2. Harus dilengkapi dengan sistem pengeringan air dan selokan buangan air
3. Harus terletak pada lapisan tanah dasar
4. Harus dilengkapi dengan jalan masuk untuk semua jenis kendaraan (muat-angkut-tumpah = *load-haul-dump*), melalui pintu-pintu pada tanggul/dinding penahan aliran angin yang mengelilingi tempat timbunan batubara tersebut,
5. Harus dilengkapi dengan tanggul/dinding tanah di sekeliling tempat timbunan batubara sebagai penahan aliran angin (*wind shielder/breaker*) setinggi sekitar 4,0 m disamping sebagai penahan hanyutan partikel batubara halus keluar lokasi timbunan batubara, dan

##### **2.1.1. Permukaan Dasar *Stockpile***

Permukaan dasar dari suatu *stockpile* harus dibuat stabil dan dibuat *bedding* dengan menggunakan material yang cukup kuat untuk menopang berat tumpukan batubara. Selain itu permukaan dasar *stockpile* harus dibuat agak cembung agar drainase pada *stockpile* lancar. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi genangan air yang terjebak di tengah *stockpile* saat hujan. Pada penumpukan batubara yang menyerupai kerucut, titik berat akan berada di sekitar pusat lingkaran yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan pada dasar *stockpile* (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Penurunan Dasar *Stockpile* (Mulyana, 2005)

### 2.1.2. Daya Dukung Material

Daya dukung material adalah kemampuan tanah untuk menopang beban yang ada di atasnya. Suatu alat yang ditempatkan diatas material akan memberikan *ground pressure*. Perlawanan yang diberikan material itulah yang disebut daya dukung material. Untuk mengetahui kemampuan dan kekuatan jalan angkut terhadap beban kendaraan dan muatan yang melaluinya perlu diketahui daya dukung material dan beban kendaraan. Untuk keperluan *stockpile*, daya dukung tanah harus disesuaikan dengan jumlah beban yang didistribusikan melalui roda. Jika daya dukung tanah dasar suatu jalan angkut lebih rendah dari jumlah beban yang melintas di atasnya maka dapat dilakukan usaha-usaha antara lain pemadatan, penambahan lapisan di atas tanah dasar (Indonesianto, 2003).

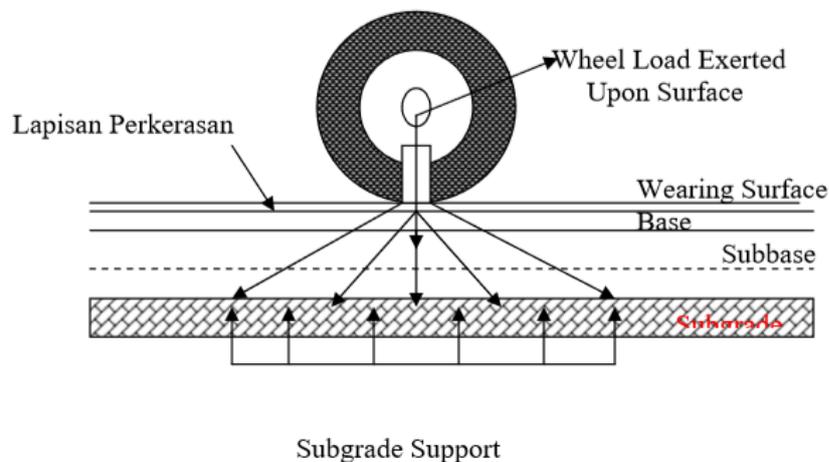
Beban pada roda untuk setiap kendaraan dapat diketahui berdasarkan spesifikasi dari pabrik pembuatnya, sedang untuk menghitung luas bidang kontak (*contact area*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Indonesianto, 2003):

$$Contact Area (In^2) = \frac{0,9 \times Berat\ pembebanan\ pada\ roda\ (lb)}{Tekanan\ dalam\ ton\ (Psi)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Setelah luas bidang kontak antara roda kendaraan dengan permukaan jalan diketahui, maka besarnya beban kendaraan yang diterima oleh permukaan jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Beban pada permukaan jalan (lb/ft}^2\text{)} = \frac{\text{Beban pada tiap roda (lb)}}{\text{Contact area (In}^2\text{)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dalam setiap perhitungan, beban roda yang terbesar yang digunakan sebagai dasar penentuan kesesuaian daya dukung tanah dengan beban yang melintas di atasnya. Jika tanah dasar sudah mampu mendukung beban pada roda yang terbesar maka beban pada roda yang lebih kecil tidak perlu diperhitungkan lagi (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Tekanan yang diberikan roda pada permukaan (Indonesianto, 2003)

Kekuatan peneras jalan angkut terhadap beban kendaraan yang akan melaluinya dapat diketahui dengan cara dibandingkan dari hasil perhitungan beban yang diterima oleh permukaan jalan dengan berbagai material. Besar daya dukung dari macam-macam material dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Nilai Daya Dukung Tanah Material (Indonesianto, 2003)

No.	Jenis Material	Daya Dukung Tanah (lb/ft <sup>2</sup> )
1.	<i>Hard Sound Rock</i>	120.000
2.	<i>Medium Hard Rock</i>	80.000
3.	<i>Hard pan overlaying rock</i>	24.000
4.	<i>Compact gravel and boulder gravel formations, very compact sand gravel</i>	20.000
5.	<i>Soft rock</i>	16.000
6.	<i>Loose gravel and sand gravel; compact sand and gravelly sand; very compact sand- inorganic silt soil</i>	12.000
7.	<i>Hard dry consolidated clay</i>	10.000
8.	<i>Loose coarse to medium sand medium sand; medium compact fine sand</i>	8.000
9.	<i>Compact sand – clay soils</i>	6.000
10.	<i>Loose fine sand; medium compact sand- inorganic silt soil</i>	4.000
11.	<i>Firm stiff clay</i>	3.000
12.	<i>Loose saturated sand clay soils, medium soft clay</i>	2.000

Perkerasan tanah harus cukup kuat untuk menahan berat kendaraan dan muatan yang melaluinya, dan permukaan tanahnya harus dapat menahan gesekan roda kendaraan, pengaruh air permukaan atau air limpasan (*run off water*) dan hujan. Bila perkerasan tidak kuat menahan beban kendaraan, maka tanah tersebut mengalami penurunan dan pergeseran, baik pada perkerasan jalan itu sendiri maupun pada tanah dasarnya (*sub-grade*), sehingga akan menyebabkan jalan bergelombang, berlubang bahkan bisa rusak berat (Suwandhi, 2004: 15).

## 2.2. Waktu Edar

Waktu edar (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan alat mulai dari aktivitas pengisian atau pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*) untuk *truck* dan sejenisnya atau *swing* untuk *back hoe* dan *shovel*, pengosongan (*dumping*), kembali kosong dan mempersiapkan posisi (*manuver*) untuk diisi atau dimuat. Disamping aktivitas-aktivitas tersebut terdapat pula waktu menunggu (*delay time*) bila terjadi antrian untuk mengisi atau memuat (Hambali, dkk 2017).

Komponen waktu edar (*cycle time*) untuk alat dorong, misalnya *bulldozer* adalah waktu dorong material sampai jarak tertentu, waktu kembali mundur, manuver, maupun siap dorong kembali. Waktu edar (*cycle time*) terdiri dari dua jenis, yaitu waktu tetap (*fixed time*) dan waktu variabel (*variable time*). Jadi waktu edar total adalah penjumlahan waktu tetap dan waktu variabel. Yang termasuk ke dalam waktu tetap adalah waktu pengisian atau pemuatan termasuk *manuver* dan menunggu, waktu pengosongan muatan, waktu membelok dan mengganti gigi dan percepatan, sedangkan waktu variabel adalah waktu mengangkat muatan dan kembali kosong (Hambali, dkk 2017).

### 2.2.1. Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut yaitu waktu yang diperlukan oleh alat angkut untuk melakukan satu siklus kerja. Dari mulai pemuatan, pengangkutan material, membuang material, perjalanan dengan muatan kosong, hingga kembali lagi pada untuk melakukan aktifitas pemuatan. Dalam operasi alat angkut di lapangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CTa = LT + HTf + DT + HTe \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan: Cta = Waktu edar alat angkut (menit)

LT = Waktu loading (menit)

HTf = Waktu mengangkat muatan (menit)

DT = Waktu dumping muatan (menit)

HTe = Waktu mengangkat kosong (menit)

### 2.2.2. Waktu edar alat angkut pada ROM

Waktu edar alat angkut pada ROM yaitu waktu yang diperlukan oleh alat angkut untuk melakukan satu siklus kerja hanya pada ROM. Dari mulai *manuver* menuju titik akan dilakukan proses pemuatan, pemuatan material, *manuver* menuju titik perapihan material, hingga proses perapihan muatan. Dalam operasi alat angkut di ROM dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Total LT = \frac{Mt_1 + Lt + Mt_2 + Pt}{60} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan: Total LT = *Total Loading Time*

Mt<sub>1</sub> = *Manuver Time (1)*

Lt = *Loading Time*

Mt<sub>2</sub> = *Manuver Time (2)*

Pt = *Perapihan Time*

### 2.3. Faktor yang Mempengaruhi Nilai *Cycle Time* Alat Angkut

Nilai *cycle time* alat angkut tidak akan selalu konstan, hal ini dikarenakan kondisi lapangan dapat berubah-ubah tergantung faktor. Berikut ini merupakan faktor – faktor yang mempengaruhi nilai *cycle time* pada alat angkut (Pramono, 2015):

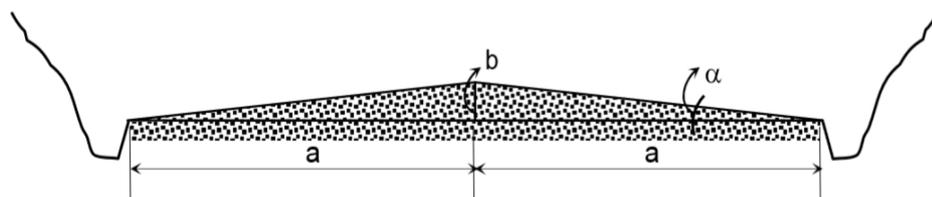
1. *Skill operator*, dikarenakan operator harus memahami prosedur penggunaan dan perawatan unit.
2. Tikungan jalan yang tajam, karena dapat memperlambat kecepatan alat angkut dan berpengaruh pada *cycle time* alat angkut itu sendiri.
3. Jalan yang licin, terutama pasca terjadinya hujan sehingga diperlukan ekstensi waktu untuk rawatan jalan dan *slippery time*.
4. Banyaknya persimpangan jalan yang *crowded* sehingga memaksa unit alat angkut untuk memperlambat kecepatan bahkan berhenti untuk mengantri berlalu lalang.
5. Kerusakan jalan, dalam hal ini pun kita harus memperhatikan nilai daya dukung tanah terhadap unit-unit yang berlalu lalang melewatinya, juga memperhatikan material yang berkualitas untuk dijadikan jalan produksi.
6. Kondisi unit, hal ini sangat krusial, karena itu diperlukan *maintenance* secara berkala untuk memantau kondisi unit.
7. Keahlian dan kondisi *operator*, karena kemampuan masing-masing *operator* berbeda, juga terutama kesehatan dan waktu istirahat yang teratur (Minimal 8 jam untuk operator alat).
8. Dimensi *manuver* di *point loading*.
9. Terdapatnya bongkahan material besar yang mengganggu *travel unit* alat angkut

Dari faktor – faktor diatas, faktor kerusakan jalan dan jalan licin merupakan faktor utama yang sangat mempengaruhi waktu proses *loading* pada ROM.

### 2.3.1. Jalan licin pada ROM

Hujan sangat mempengaruhi alat angkut dalam kegiatan bekerja, jika hujan lebat, waktu pengoperasian peralatan mekanis pada pengangkutan bahan galian akan terhenti akibat jalan licin, sehingga alat alat tidak dapat bekerja dengan baik. Air hujan juga akan menyebabkan genangan pada jalur pengangkutan (Tenriajeng, 2003).

*Cross slope* adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan angkut mempunyai bentuk penampang melintang cembung (Gambar 2.3). Dibat 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 angkut, 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.



#### KETERANGAN :

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1 Permukaan jalan angkut    | a Jarak horizontal                           |
| 2 Bidang horizontal         | b Tinggi vertikal pada poros memanjang jalan |
| $\alpha$ <i>Cross slope</i> |  |

Gambar 2.3 Penampang Melintang Jalan Angkut (Sukirman, 1999)

Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal (b) dan horizontal (a) dengan satuan mm/m atau m/m'. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m.

### 2.3.2. Kerusakan Jalan angkut

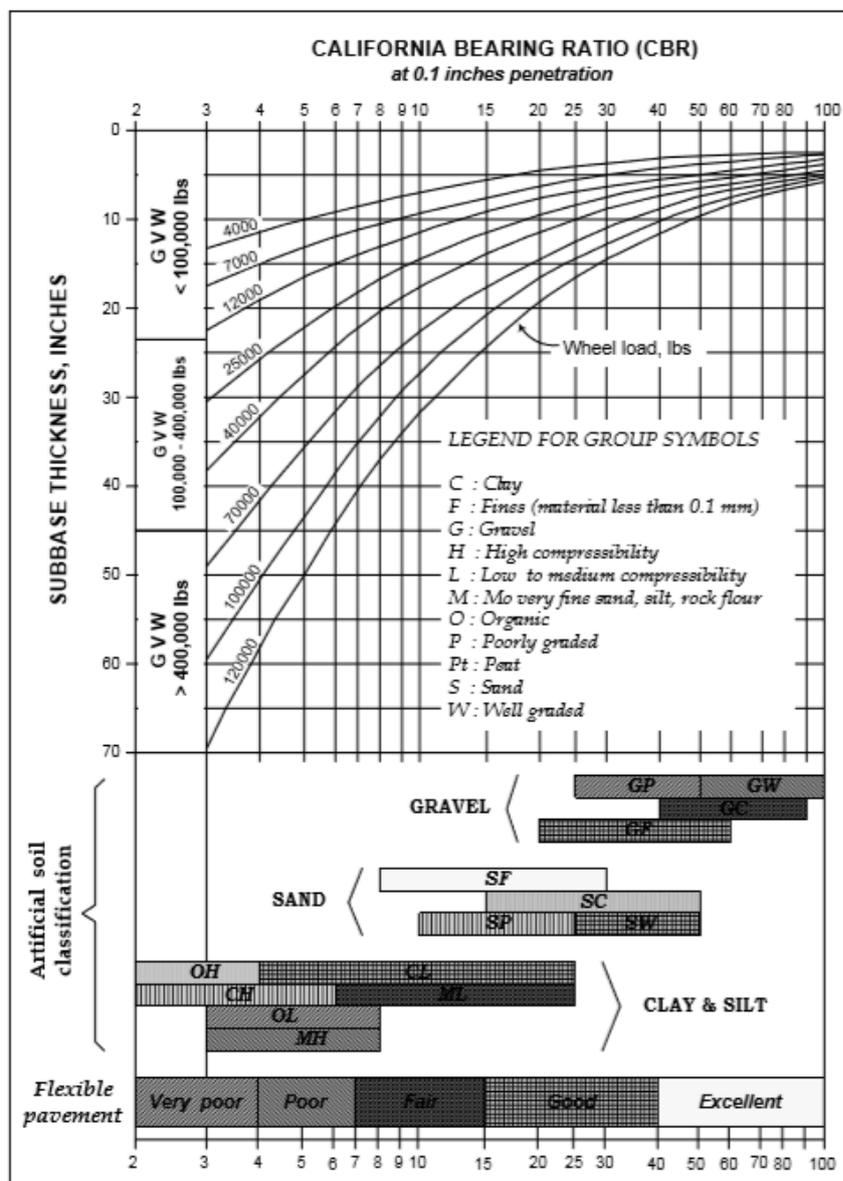
Kerusakan pada jalan angkut dapat mempengaruhi waktu edar pada alat angkut. Kerusakan pada jalan angkut disebabkan karena material pada tanah yang dilalui alat angkut tidak dapat menahan beban alat berat yang melaluinya. Bila perkerasan jalan tidak kuat menahan beban kendaraan, maka jalan tersebut akan mengalami penurunan dan pergeseran, baik pada bagian perkerasan jalan itu sendiri maupun pada tanah dasarnya (*sub-grade*), sehingga akan menyebabkan jalan bergelombang, berlubang dan bahkan bisa rusak berat). Perkerasan jalan angkut harus cukup kuat untuk menahan berat kendaraan dan muatan yang melaluinya, dan permukaan jalannya harus dapat menahan gesekan roda kendaraan, pengaruh air permukaan atau air limpasan (*run off water*) dan hujan. Bila perkerasan permukaan jalan (*road surface*) rapuh terhadap gesekan ban atau aliran air, maka akan mengalami kerusakan yang pada mulanya terjadi lubang-lubang kecil, lama kelamaan menjadi besar, dan akhirnya rusak berat (Shirley, 2000).

Maka diperlukan perkerasan jalan. Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*sub-grade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada tiga jenis, yaitu: (1) perkerasan lentur (*flexible pavement*), (2) perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan (3) perkerasan kombinasi lentur-kaku (*composite pavement*). Tujuan utama perkerasan jalan angkut adalah untuk membangun dasar jalan yang mampu menahan beban pada poros roda yang diteruskan melalui lapisan fondasi, sehingga tidak melampaui daya dukung tanah dasar (*sub-grade*). Dengan demikian perkerasan jalan angkut dipengaruhi oleh faktor-faktor kepadatan lalu lintas, sifat fisik dan mekanik bahan (material) yang digunakan, dan daya dukung tanah dasar (Shirley, 2000).

Adapun cara pengukuran daya dukung lapisan sub-grade dapat dilakukan dengan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR), Parameter Elastis dan Modulus Reaksi Tanah Dasar (k). Ketiga pengujian tersebut umumnya dilaksanakan di

laboratorium mekanika tanah dengan mengikuti prosedur standardisasi yang ditetapkan oleh ASTM, AASHTO, dan lain-lain (Farshad, 2003).

Yang sering digunakan dalam perkerasan jalan tambang adalah pengujian CBR yang dikembangkan oleh *California State High-way Department*. Hasil pengujian CBR di laboratorium mekanika tanah diplot ke dalam kurva CBR seperti terlihat pada Gambar 2.4. Hasil yang diharapkan dari kurva CBR adalah ketebalan lapisan-lapisan perkerasan di atas *sub-grade* sesuai dengan jenis-jenis tanah atau material yang digunakan untuk perkerasan jalan tersebut (Farshad, 2003).



Gambar 2.4. Grafik *California Bearing Ratio* (CBR) (Suwandhi, 2004: 15)