

# ANALISA GEOMETRI JALAN ANGKUT GUNA MENINGKATKAN CYCLETIME DAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT PADA KEGIATAN PENGUPASAN *OVERBURDEN* DARI FRONT PENGUPASAN KE DISPOSAL AREA PADA KEGIATAN PENAMBANGAN BATUBARA

Analiser Halawa

Dosen Pertambangan Institut Sains dan Teknologi TD. Pardede Medan

E-mail: halawaftm@gmail.com

## Abstrak

Salah satu faktor yang mempengaruhi target produksi adalah geometri jalan, dan untuk target produksi sebesar 65.000 BCM/Bulan, berdasarkan perhitungan aktual dari cycle time dan efisiensi kerja adalah 55.000 BCM/Bulan, setelah dilakukan perbaikan dan didapat hasil sebesar 66.000 BCM/Bulan. Berdasarkan kondisi data aktual Jarak dari front penambangan ke disposal adalah  $\pm 2,5$  Km. Sesuai dengan lebar jalan lurus rata-rata 23 m dan lebar jalan tikungan 33 m, Standart kemiringan (grade) 8%, standart cross slope 0,88 – 1,365 m dan standart superelevasi 0,88 – 0,68 m.

Dari hasil analisa geometri jalan tambang, untuk lebar jalan lurus dan tikungan sudah memenuhi standart, hanya kemiringan (grade) jalan pada segmen L-M yang dilakukan pengurangan sebesar 1,16%, cross slope pada segmen AB dilakukan penaikan sebesar 0,26 m, segmen C-D dilakukan pengurangan sebesar 0,05 m, segmen D-E dilakukan penaikan sebesar 0,46 m, segmen E-F dilakukan penaikan sebesar 0,42 m, segmen F-G dilakukan pengurangan sebesar 0,16 m, segmen G-H dilakukan pengurangan sebesar 0,21 m, segmen J-K dilakukan penaikan sebesar 0,77 m, segmen K-L dilakukan penaikan sebesar 0,24 m, segmen M-N dilakukan penaikan sebesar 0,26 m, segmen N-O dilakukan penaikan sebesar 0,74 m, segmen O-Disposal dilakukan penaikan sebesar 0,21 m, superelevasi pada segmen B-C dilakukan pengurangan sebesar 0,42 m, segmen L-M dilakukan pengurangan sebesar 0,80 m.

**Kata kunci :** Geometri Jalan, Alat Angkut dan Produktivitas alat Angkut.

## Abstract

One of the factors that affect the production target is road geometry, and for a production target of 65,000 BCM/Month, based on the actual calculation of cycle time and work efficiency is 55,000 BCM/Month, after repairs have been made and the result is 66,000 BCM/Month. actual data The distance from the mining front to the disposal is  $\pm 2.5$  Km. In accordance with the average straight road width of 23 m and 33 m bend road, the standard slope (grade) is 8%, the standard cross slope is 0.88 – 1.365 m and the standard superelevation is 0.88 – 0.68 m.

From the results of the mine road geometry analysis, the width of straight and bend roads has met the standard, only the road grade in the LM segment has been reduced by 1.16%, the cross slope in the AB segment has been increased by 0.26 m, the CD segment has been reduced. a reduction of 0.05 m was made, the DE segment was increased by 0.46 m, the EF segment was increased by 0.42 m, the FG segment was reduced by 0.16 m, the GH segment was reduced by 0.21 m, the JK segment an increase of 0.77 m was made, the KL segment was increased by 0.24 m, the MN segment was increased by 0.26 m, the NO segment was increased by 0.74 m, the O-Disposal segment was increased by 0.21 m, superelevation in the BC segment is reduced by 0.42 m, the LM segment is reduced by 0.80 m.

**Keywords:** Road Geometry, Transport Equipment and Productivity of Transport Equipment.

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada kegiatan penambangan, keberadaan alat mekanis sangat dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan operasi penambangan, meningkatkan efisiensi kerja dan produktifitas.

Walaupun demikian dalam penggunaannya perlu dilakukan perencanaan secara tepat agar kemampuan alat mekanis dapat digunakan secara optimal serta mempunyai tingkat efisiensi yang tinggi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pengupasan overburden

adalah geometri jalan tambang yang menghambat kelancaran kerja dari alat angkut. Pemecahan permasalahan jalan dengan melakukan analisa geometri terhadap jalan tambang yang menghubungkan front penambangan sampai Disposals. Dengan melakukan analisa terhadap geometri jalan tambang, maka diharapkan produktivitas alat angkut dapat mencapai target.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dilakukannya penelitian untuk menganalisa perubahan geometri jalan tambang guna perbaikan, meningkatkan *cycle time* dan meningkatkan produksi alat angkut dari front penambangan hingga ke area disposals dalam kegiatan pengupasan dan pengangkutan overburden.

Tujuan dari penelitian ini sendiri adalah;

1. Mengkaji ulang perubahan geometri jalan tambang dari yang seharusnya (Standard Teknis) dengan mengacu pada dimensi alat angkut terbesar yang digunakan (Komatsu HD 785)
2. Mengetahui seberapa besar perubahan produktivitas alat angkut sebelum dan sesudah dilakukannya analisa dan evaluasi geometri jalan tambang.
3. Mengetahui segmen-segmen jalan yang harus di perbaiki dan dirubah.
4. Mengetahui faktor lain yang mempengaruhi produktivitas alat angkut selain Geometri Jalan.

## 1.3 Rumusan Masalah

- Bagaimana kondisi geometri jalan angkut yang aktual di di daerah penelitian (studi kasus)?
- Berapa perubahan ukuran geometri jalantambang (lebar jalan lurus, lebar Jalan tikungan, kemiringan, cross slope, superelevasi, dll) sehingga mempengaruhi waktu pengangkutan dan produktivitas alat angkut.
- Mengetahui segmen jalan tambang mana saja yang mengalami perubahan sehingga mempengaruhi waktu pengangkutan dan produktivitas alat angkut.
- Faktor apa saja selain geometri Jalan yang di anggap sebagai faktor yang mempengaruhi produktivitas alat angkut.

## 1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup atau batasan penelitian hanya mencakup geometri Jalan serta berapa persen

diperkirakan peningkatan produktivitas alat angkut dari produktivitas sebelum kembali diusulkan untuk diperbaiki.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini adalah mencakup teoritis dan observasi langsung di lapangan sebagai studi kasus, yaitu dengan mengamati dan menganalisa geometri Jalan tambang di salah satu Site penambangan.

## 1.6 Lokasi studi kasus

Adapun lokasi penelitian di anggap sebagai studi kasus adalah di PIT MTBU PT. Bukit Asam, Tbk.

## II DASAR TEORI

### 2.1 Parameter Jalan Tambang

#### 2.1.1 Jalan Angkut

Jalan angkut adalah salah satu hal yang terpenting dalam kegiatan penambangan. Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Jalan Tambang/ angkut yang dirancang haruslah ideal untuk aspek manfaat dan keselamatan para pekerja. Jalan angkut itu terdiri dari beberapa lapisan, yaitu:

- Lapisan asli (subgrade coarse)
- Lapisan pondasi bawah (subbase coarse)
- Lapisan pondasi (base coarse)
- Lapisan penutup (surface coarse)

Konstruksi jalan tambang secara garis besar sama dengan konstruksi jalan angkut di kota. Perbedaannya terletak pada permukaan jalannya (road surface) yang jarang sekali dilapisi oleh aspal dan beton seperti di kota, hal ini dikarenakan jalan tambang sering dilalui oleh alat mekanis yang menggunakan crawler track misalnya seperti bulldozer, excavator, crawler rock drill, crack loader dan sebagainya, dan juga apabila jalan tambang menggunakan aspal dan beton, akan berpengaruh terhadap *cost* yang lebih besar.

- Bulldozer berfungsi antara lain sebagai pembersih lahan dan pembabatan, perintisan badan
- jalan, potong-timbun, perataan, dll.
- Alat keruk (roater atau ripper) untuk membantu pembabatan dan mengatasi batuan yang agak

- o keras, atau memisah material yang bersifat insutu agar mudah di muat oleh Excavator.
- o Alat muat untuk memuat hasil galian yang volumenya agak besar.
- o Alat angkut untuk mengangkut bahan galian tanah atau (Overburden) ke tempat penimbunan
- o (Disposal).
- o Motor grader untuk meratakan jalan yang bergelombang.
- o Compactor untuk memadatkan dan mempertinggi daya dukung tanah.

**2.1.2 Geometri Jalan**

Salah satu kegiatan yang terpenting dalam kegiatan penambangan adalah pengangkutan. Pengangkutan dalam hal ini dimaksudkan untuk mengangkut batubara dari front penggalian menuju *stockpile* ataupun *overburden* dari front penggalian menuju disposal.

Perencanaan jalan angkut melihat dari alat angkut ukuran terbesar yang digunakan yaitu yang kemudian digunakan untuk merencanakan geometri jalan yang ideal. Lebar jalan dipengaruhi oleh jumlah jalur dan lebar alat angkut yang digunakan, rancangan tikungan dipengaruhi oleh sifat membelok alat angkut sedangkan kelandaian jalan (grade) akan dipengaruhi oleh daya alat angkut itu sendiri. Dengan rancangan teknis jalan angkut yang sesuai dengan alat angkut yang direncanakan, maka diharapkan fungsi, umur dan pelayanan jalan akan maksimum. Alat angkut ini pun juga akan mempengaruhi rencana konstruksi jalan angkut karena setiap alat angkut mempunyai kapasitas (berat dan daya angkut) yang bervariasi sehingga perlu penyesuaian antara alat angkut dengan rencana konstruksi jalan. Semakin lebar jalan angkut, akan semakin aman dan lancar untuk lalu lintas pengangkutan. Umumnya jalan angkut pada tambang dibuat untuk jalur tunggal dengan satu atau dua arah. Untuk menghitung lebar jalur angkut dibagi menjadi dua, yaitu lebar jalan angkut lurus dan lebar jalan angkut tikungan.

**2.1.2.1 Lebar Jalan Angkut**

Lebar jalan angkut/produksi penting ditentukan untuk kelancaran dan keberhasilan operasi pengangkutan. Perhitungan mengenai lebar jalan disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu dapat untuk satu jalur, dua jalur atau lebih.

**2.1.2.2 Lebar Jalan Angkut Lurus**

Penentuan lebar jalan minimum yaitu jumlah jalur kali lebar truck ditambah setengah lebar truck untuk tepi kiri dan kanan jalan, juga jarak antara dua truck yang sedang bersilangan, dari ketentuan tersebut dapat digunakan cara sederhana untuk menentukan lebar jalan angkut minimum. Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada “Rule of Thumb” yang dikemukakan “AASHTO Manual Rural Highway Design”, yaitu bahwa jumlah jalur dikalikan lebar truck dan pada tepi kiri kanan jalan ditambahkan setengah lebar kendaraan.

Dari ketentuan tersebut dapat ditentukan cara sederhana untuk menentukan lebar jalan angkut minimum. Yaitu menggunakan rule of thumb atau angka perkiraan (Tabel 2.1). Dengan pengertian lebar jalan angkut sama dengan lebar jalur.

Tabel 2.1: Ketentuan ukuran Jalan angkut

Jumlah Jalur	Perhitungan	Lebar Jalan Angkut
1	$n + (2 \times 1/2)$	2,00
2	$n + (3 \times 1/2)$	3,50
3	$n + (4 \times 1/2)$	5,00
4	$n + (5 \times 1/2)$	6,50

Sumber: AASHTO, 1990

Dari kolom perhitungan Tabel 2.1 dapat ditetapkan rumus lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus. Seandainya lebar kendaraan dan jumlah jalur yang direncanakan masing-masing adalah  $W_t$  dan  $n$ , maka lebar jalan angkut pada jalan lurus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L = (n \times W_t) + (n + 1) \times (0.5 \times W_t) \text{ meter.....(2.1)}$$

Dimana:

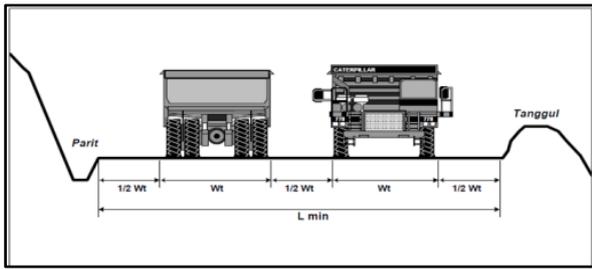
$L$  = Lebar Jalan Angkut maksimum (m)

$n$  = Jumlah Jalur yang Digunakan

$W_t$  = Lebar Alat Angkut (m)

$$L = (n \times W_t) + (n + 1) \times (0.5 \times W_t) \text{ meter 23}$$

**2.1.2.3 Lebar Jalan Angkut Dua Jalur Pada Jalan Lurus**



**2.1.2.4 Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan**

Lebar jalan angkut pada tikungan selalu lebih besar dari pada lebar jalan pada jalan lurus. Untuk jalan dua jalur, lebar jalan minimum pada tikungan dihitung dengan mendasarkan pada :

- 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 (spasi) alat terhadap tepi jalan. Perhitungan terhadap lebar jalan angkut pada tikungan atau
- tikungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai, berikut :

$$C = Z = 0,5 (U + Fa + Fb) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$W = n(U + Fa + Fb + Z) + C \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

W = lebar jalan angkut pada tikungan atau tikungan, (meter)

U = lebar jejak ban, (meter)

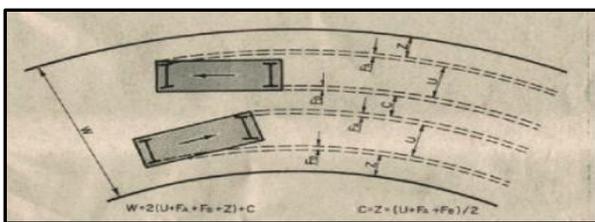
n = jumlah jalur

Fa = jarak as ban depan dengan bagian depan truk, (meter)

Fb = jarak as ban belakang dengan bagian belakang truk, (meter)

C = jarak antara dua truk yang akan bersimpangan, (meter)

Z = jarak sisi luar truk ke tepi jalan, m b. Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan, (meter)



Sumber: AASHTO, 1990

Gambar 2.1: Lebar jalan angkut pada tikungan

**2.1.2.5 Jari-Jari Tikungan dan Superelevasi**

Kemampuan alat angkut truk untuk melewati tikungan terbatas, maka dalam pembuatan tikungan harus memperhatikan besarnya jari-jari tikungan jalan. Masing - masing jenis truk mempunyai jari-jari lintasan yang berbeda. Perbedaan ini dikarenakan sudut penyimpangan ban depan pada setiap truk belum tentu sama. Semakin kecil sudut penyimpangan ban depan maka jari-jari lintasan akan terbentuk akan semakin besar. Dengan semakin besarnya jari-jari lintasan maka kemampuan truk untuk melintasi tikungan tajam berkurang . Jari-jari tikungan ( tikungan ) jalan angkut berhubungan dengan konstruksi kendaraan atau alat angkut yang digunakan dimana jari-jari lingkaran yang dijalaninya oleh ban belakang dan ban depan berpotongan dipusat dengan sudut yang sama dengan sudut penyimpangan ban depan. Rumus yang dipakai adalah:

$$R = W / (\sin \beta) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana: R = Jari-jari tikungan

W = Jarak poros ban depan sampai belakang

$\beta$  = Sudut belokan roda depan

Superelevasi merupakan kemiringan melintang jalan pada tikungan, ini merupakan hal yang sangat penting. Dengan adanya superelevasi maka alat angkut dapat mempertahankan kecepatan pada saat melewati tikungan.

Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan dibatasi oleh beberapa keadaan, seperti keadaan cuaca, keadaan medan, keadaan lingkungan dan komposisi jensi kendaraan. Rumus-rumus umum untuk superelevasi adalah :

$$e + f = \frac{v^2}{127R} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

e = Superelevasi maksimum pada tikungan jalan (m/m)

f = Koefisien gesekan samping maksimum

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R= Radius lengkung minimum tikungan (m)

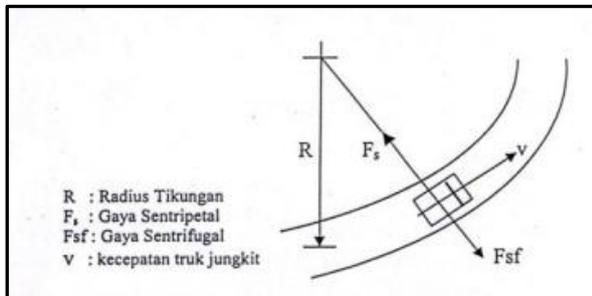
Nilai koefisien gesekan samping maksimum dapat diperkirakan dengan menggunakan dari tabel rekomendasi AASHTO yang dijelaskan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

**Tabel 2.2 Nilai Koefisien Gesekan Samping**

Kecepatan rencana (mph)	20	30	40	50	60	70	80
Kecepatan rencana (km/jam)	32	48	64	80	97	113	129
Koefisien	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	0,10	0,08

Sumber: AASHTO, 1990

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 cara ke dua adalah membuat kemiringan ke arah titik pusat jari-jari tikungan. Kemiringan ini berfungsi untuk menjaga alat angkut tidak terguling saat melewati tikungan dengan kecepatan tertentu. Cara pertama sangat tidak efisien karena waktu hilang yang ditimbulkan akan besar, oleh karena itu cara kedua dianggap lebih baik. Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap pada datar atau miring dengan lintasan berbentuk lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari jalur jalannya, berarah tegak lurus terhadap kecepatan. Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada jalurnya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga terjadi suatu keseimbangan. Untuk menghitung besarnya gaya sentrifugal digunakan rumus



Gambar 3.3 Gaya Sentrifugal Pada Tikungan

$$F_{sf} = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- F<sub>sf</sub> = Gaya Sentrifugal
- G = Berat Kendaraan
- g = Gaya gravitasi bumi
- V = Kecepatan kendaraan
- R = Jari-jari lengkung lintasan

**2.1.2.6 Kemiringan Jalan Produksi dan Grade Resistance**

Kemiringan jalan angkut dapat berupa jalan menanjak atau pun 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 setiap seratus satuan panjang jarak mendatar. Tahanan kemiringan (grade resistance) ialah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya (Partanto, 2000). Tahanan kemiringan tergantung dua faktor, yaitu:

1. Besar kemiringan dinyatakan dalam persen atau derajat.
2. Berat kendaraan itu sendiri yang dinyatakan dalam ton.

Kemiringan suatu jalan biasanya dinyatakan dalam persentase, dimana kemiringan 1 % merupakan kemiringan permukaan yang menanjak atau menurun 1 meter secara vertikal dalam jarak horizontal 100 meter. Kemiringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Grade(\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

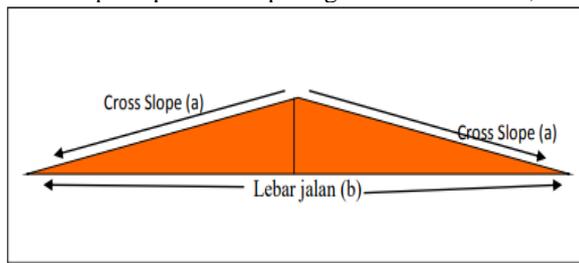
Dimana:

- Δh : Beda tinggi antara dua titik yang diukur (meter)
- Δx : Jarak datar antara dua titik yang diukur (meter)

**2.1.2.7 Kemiringan Melintang (Cross Slope)**

Cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan angkut mempunyai bentuk 30 Cross Slope (a) penampang melintang cembung. Dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penirisan. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ketepi jalan angkut, tidak berhenti dan mengumpul pada permukaan jalan. Jalan tambang yang baik memiliki kemiringan melintang 40 mm/m. Menurut Sukirman dalam buku Pemindahan Tanah Mekanis tahun 2005, jalan produksi yang baik memiliki kemiringan melintang 40 mm/m. Hal ini berarti setiap 1 meter jarak mendatar terdapat beda tinggi 40 mm atau 4 cm. Hal ini penting karena air yang menggenang pada permukaan jalan angkut akan membahayakan kendaraan yang lewat dan

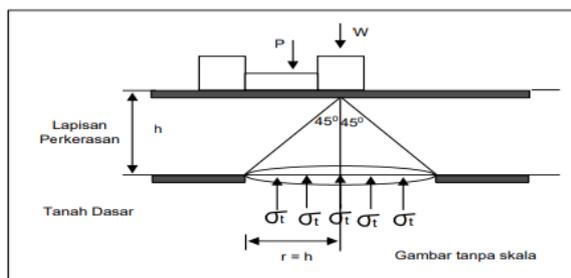
mempercepat kerusakan jalan. Untuk menentukan cross slope dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut;



Gambar 2.5: Bentuk *cross slope*

### 2.1.3 Daya Dukung Jalan Terhadap Beban Yang Melintas

Daya dukung jalan adalah kemampuan jalan untuk menopang beban yang ada di atasnya. Menentukan daya dukung tanah secara tepat hanya dapat dilakukan oleh seorang ahli mekanika tanah yang berkualifikasi. Susunan lapis perkerasan jalan yang digunakan di dalam dan di luar tambang adalah menggunakan metode *Un-Bound Method*, yaitu seluruh konstruksi perkerasan terdiri dari butiran-butiran lepas (tanpa adanya bahan pengikat aspal/semen) yang mempunyai sifat seperti lapisan pasir ialah meneruskan gaya tekan kesegala penjuru dengan sudut rata-rata  $45^\circ$  terhadap garis vertikal, sehingga penyebaran gaya tersebut merupakan bentuk kerucut dengan sudut puncak  $90^\circ$  (Gambar 2.5) Kontruksi jalan secara un-bound method harus memenuhi dua syarat utama, yaitu; permukaan jalan harus cukup kuat untuk menahan beban atau berat kendaraan yang berada di atasnya (gaya tekan kendaraan harus lebih kecil dari daya dukung tanah), permukaan jalan harus dapat menahan gesekan dari roda kendaraan dan pengaruh air hujan/air permukaan.



Gambar 2.5: Penyebaran Beban Roda Melalui Pengerasan Jalan

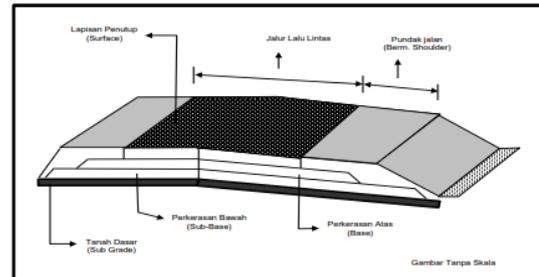
Dalam menentukan jenis perkerasan jalan produksi banyak dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain dipilih jenis perkerasan yang paling ekonomis yang disesuaikan dengan peralatan yang ada dan tenaga yang mengerjakannya. Secara umum

kontruksi lapisan jalan (Gambar 2.6) terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut;

#### 1. *Surface Course* (lapisan permukaan)

Fungsi lapisan permukaan adalah sebagai berikut :

- Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan yang berada dibawahnya



Gambar 2.7 Kontruksi Lapisan Pengerasan Jalan

#### 2. *Base Course* (lapisan pondasi atas)

Fungsinya antara lain :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan di bawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang akan digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah material yang cukup kuat, yang memiliki syarat-syarat sebagai berikut :

- Gradasi butiran harus bervariasi sehingga bisa saling mengunci.
- Kualitas bahan harus baik, baik kekerasan maupun bentuk butiran.

#### 2. *Subbase Course* (lapisan pondasi bawah)

Fungsi lapisan pondasi bawah antara lain :

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban ke tanah dasar
- Lapisan peresapan, agar rembesan air tanah tidak terkonsentrasi di lapisan pondasi maupun tanah dasar. Untuk lapisan pondasi bawah tidak boleh mengandung unsur tanah liat lebih besar dari 14 % 4.

Sub Grade (lapisan tanah dasar) Pada umumnya masalah yang menyangkut lapisan tanah dasar adalah :

- Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) karena beban yang berlebihan.

- b. Sifat mengembang (swelling) dan menyusut (shrinkage) dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air
- c. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata pada daerah tertentu dengan macam tanah yang sangat berbeda.
- d. Kondisi geologi dari lokasi jalan (patahan, sesar).

**Tabel 2.4 Daya Dukung Material Jalan**

No	Klasifikasi Tanah Dasar	Jenis Tanah	Kekuatan Tanah Dasar yang diperbolehkan (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.	Tanah bagus	Tanah pasir,berbatu atau berkerikil	9
2.	Tanah baik	Tanah pasir	2,75
3.	Tanah sedang	Tanah liat atau silt	1,75
4.	Tanah jelek	Tanah liat atau silt mengandung tanah organic	1,25
5.	Tanah jelek sekali	Tanah rawa atau veen tanah berlumpur	-

**Tabel 2.5 Koefisien Gesekan Jalan Berdasarkan Permukaan Jalan**

Permukaan jalan	Koefisien gesekan Jalan	
	Roda Karet	Roda Besi
Beton	0,9	0,45
Kerikil	0,36	0,50
Tanah Padat	0,55	0,90
Tanah Biasa	0,45	0,60
Tanah Liat Kering	0,55	0,90
Tanah Liat Basah	0,45	0,70
Pasir Kering	0,20	0,30
Pasir Basah	0,40	0,53
Salju	0,20	0,25
Es	0,20	0,12

Sumber: Society of Mining .

**2.6 Fasilitas Pendukung Kelancaran dan Keselamatan Kerja**

Perawatan dan pemeliharaan jalan merupakan suatu pekerjaan yang perlu mendapatkan perhatian khusus, hal ini dikarenakan agar tidak mengganggu kegiatan operasional penambangan yang akhirnya akan mengganggu kelancaran produksi. Pada umumnya pemeliharaan jalan produksi ditekankan pada kondisi jalan dan pemeliharaan saluran air (drainage). Pemeliharaan jalan yang baik, tetapi pemeliharaan drainase yang ada kurang baik, hal tersebut tidak akan berhasil, begitu juga dengan sebaliknya. Pada musim kemarau, lapisan permukaan akan menjadi debu yang sangat mengganggu kenyamanan dan kesehatan pengemudi. Sedangkan pada musim hujan, debu tersebut akan menjadi lumpur yang menggenang dan jalan menjadi licin. Hal ini juga akan sangat menghambat laju dari alat angkut karena pada kondisi tersebut pengemudi akan mengurangi

kecepatan. Ciri-ciri dari jalan angkut produksi yang baik adalah :

1. Kondisi permukaan jalan kasar dan rata, serta tidak mengandung lumpur.
2. Kemiringan permukaan jalan 4 %, hal ini untuk mengantisipasi adanya genangan air.
3. Elevasi badan jalan harus lebih tinggi dari bahu jalan, agar air tidak masuk ke badan jalan.
4. Saluran air harus lancar sesuai dengan debit air yang mengalir dan kemiringan jalan.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk keamanan dan keselamatan pengangkutan di sepanjang jalur jalan angkut, yaitu:

1. Jarak berhenti kendaraan
2. Jarak pandang pengemudi
3. Rambu-rambu lalu lintas
4. Tanggul pengaman
5. Penerangan

**2.6 Rambu-Rambu Lalu Lintas**

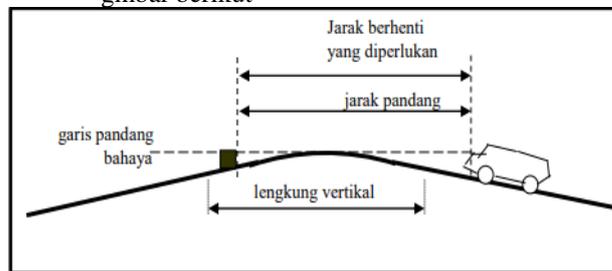
Untuk lebih menjamin keamanan sehubungan dengan dioperasikannya jalan angkut, maka perlu dipasang rambu-rambu lalu lintas terutama yang berbahaya baik terhadap

Pengemudi maupun kendaraan itu sendiri, Orang/karyawan, Kendaraan lain yang lewat pada jalan tersebut. Rambu-rambu yang perlu dipasang antara lain :

1. Kecepatan maksimum yang diijinkan
2. Tanda peringatan karena ada belokan, persimpangan, tanjakan, turunan, jalan licin, jembatan dan sebagainya.

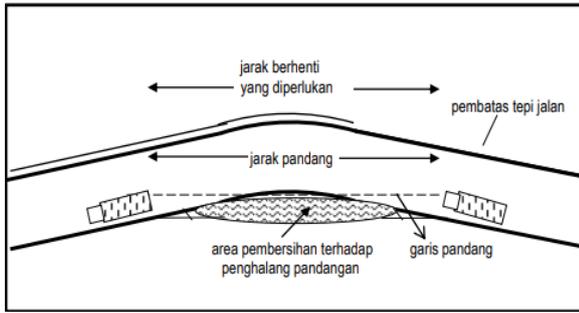
Ada beberapa hal yang juga menjadi peran penting dalam menunjang operasi pengangkutan yang lancar dan aman bagi pengemudi, yaitu:

1. Rambu-rambu Pada Jalan Angkut - tanda jalan yang harus dilalui tanda kecepatan maksimal peringatan adanya jalan tanjakan maupun jalan menurun.
2. Jarak Pandang Pengemudi
  - Jarak pandang vertical,dapat di lihat gmbar berikut



(1)

- Jarak Pandang Horizontal



(2)

**Gambar 2.7: Jarak pandang Vertical (1) dan horizontal (2) pengemudi.**

3. Lampu Penerangan - belokan - persimpangan jalan - tanjakan atau turunan tajam - jalan yang berbatasan langsung dengan tebing
4. Safety Berm
5. Penirisan dan Gorong-gorong (Culvert)

## 2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi High Dump Truck

### 2.7.1 Korelasi Cycle Time Excavator dan High Dump Truck

**High Dump Truck** sebagai alat utama dalam kegiatan pengangkutan sangat berperan dalam pencapaian target produksi pada tambang terbuka yang menerapkan sistem *excavator – dump truck*. Selain itu dump truck juga merupakan alat berat yang dapat disesuaikan dengan alat gali/muat. Waktu edar dump truck merupakan faktor yang sangat mempengaruhi produktivitas alat muat itu sendiri. Semakin kecil waktu edar maka produktivitas alat tersebut semakin baik, begitu juga dengan sebaliknya. Menurut Peurifoy, waktu edar dump truck terdiri dari beberapa bagian, yaitu loading time (waktu isi), dumping time (waktu membongkar muatan), hauling time (waktu angkut), return time (waktu kembali dalam kondisi kosong), spotting time (waktu manuver di daerah penggalian ditambah dengan manuver di daerah penimbunan), dan delay time (waktu tunggu dump truck sebelum di isi oleh alat muat). Waktu edar excavator adalah fill dipper (waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bucket), swing (waktu manuver *bucket* untuk mengisi *dump truck*), dump (waktu bucket menumpahkan material), return time, ( waktu kembali untuk mengisi bucket), serta delay time (waktu tunggu sebelum mengisi bak dump truck).

$$MF = C_{tax} N_m / C_{Tm} N_a \dots \dots \dots (2.8)$$

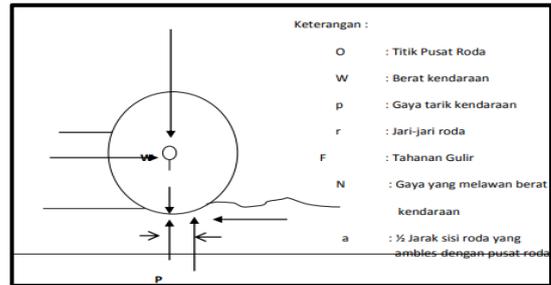
Dimana: MF = Faktor keserasian kerja alat mekanis  
 C<sub>Tm</sub> = Waktu edar alat muat  
 C<sub>ta</sub> = Waktu edar alat angkut  
 N<sub>a</sub> = Jumlah alat angkut.  
 N<sub>m</sub> = Jumlah alat muat  
 Bila dari hasil perhitungan diperoleh :

1. MF < 1

Berarti persentase kerja alat gali muat kurang dari 100%, sedangkan persentase kerja alat angkut 100%, sehingga persentase waktu tunggu untuk alat gali muat.

## 2.8 Rolling Resistance

Rolling Resistance Rolling resistance merupakan tahanan gelinding/gulir yang terdapat pada roda yang sedang bergerak akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan tanah yang arahnya berlawanan seperti terlihat pada gambar berikut;



**Gambar 2.8: Tahanan Gulir ban terhadap permukaan Jalan**

Basarnya tergantung pada kondisi permukaan tanah yang dilewati (kekerasan dan kehalusan), tipe roda, dan berat dari kendaraan tersebut. Secara teoritis nilai dari tahanan gelinding dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$RR = W \times r \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

RR = Rolling resistance (lb/ton)  
 P = gaya tarik kendaraan (lb)  
 W = berat kendaraan (ton)  
 Untuk menentukan nilai tahanan gulir adalah sulit untuk dilakukan karena sebenarnya jenis dan tekanan ban serta kecepatan kendaraan ikut mempengaruhi harga rolling resistance. jadi nilai rolling resistance ditentukan dalam persen berat, seperti terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.6: Nilai RR untuk Ban Karet**

KONDISI JALAN ANGKUT	RR Untuk Ban Karet lb/ton
Jalan keras dan licin	40
Jalan yang diaspal	45 – 60
Jalan keras dengan permukaan terpelihara baik	45 – 70
Jalan yang sedang diperbaiki dan terpelihara	85 – 100
Jalan yang kurang terpelihara	85 – 120
Jalan berlumpur dan tidak terpelihara	165 – 210
Jalan berpasir dan berkerikil	240 – 275
Jalan berlumpur dan sangat lunak	290 – 370

### 2.9 Coefficient of Traction

Coefficient of Traction (CT) adalah suatu faktor yang menunjukkan berapa bagian dari seluruh berat kendaraan itu pada ban atau track yang dapat dipakai untuk menarik atau mendorong kendaraan. Dengan kata lain, tergantung dari besarnya harga coefficient of traction untuk macam-macam keadaan jalan dapat dilihat pada

**Tabel 2.7: Coefficient of Traction**

KONDISI JALAN	BAN KARET (%)
Jalan kering dan keras	80 – 100
Jalan tanah liat kering	50 – 70
Jalan tanah liat basah	40 – 50
Jalan berpasir basah dan berkerikil	30 – 40
Jalan berpasir kering yang terpisah/terpencar	20 – 30

**Besarnya harga coefficient of traction tergantung pada :**

- Keadaan ban atau track, yaitu keadaan dan bentuk kembangan ban.
- Keadaan jalan (basah/kering, keras/lunak, bergelombang/rata)
- Berat kendaraan yang diterima roda.

### 2.10 Grade resistance

Grade resistance adalah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilewati oleh kendaraan tersebut. Pengaruh kemiringan terhadap harga GR adalah naik untuk kemiringan positif (akan memperbesar rimpul) dan turun untuk kemiringan negatif (akan memperkecil rimpul). Besarnya GR tergantung pada kemiringan jalan (%) dan berat kendaraan tersebut (ton). Besarnya GR dinyatakan rata-rata 20 lb dari rimpul untuk setiap gross berat kendaraan beserta isinya pada setiap kemiringan 1 %. Harga GR untuk tiap kemiringan jalan

### 2.11 Rimpull

Rimpull merupakan besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin atau alat tersebut kepada permukaan roda atau ban penggerak yang menyentuh permukaan jalan angkut. Bila coefficient traction cukup tinggi untuk menghindari selip, maka rimpull maksimum adalah fungsi dari horse power (tenaga mesin) dan versenelling (gear ratio) antara mesin dan roda-rodanya. Tetapi jika selip, maka rimpull maksimum akan sama dengan besarnya tenaga pada roda penggerak dikalikan coefficient of traction.

### 2.12 Acceleration (percepatan)

Acceleration merupakan waktu yang diperlukan untuk mempercepat kendaraan dengan menggunakan rimpull yang tidak dipergunakan untuk menggerakkan kendaraan pada jalur tertentu. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat kendaraan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- Berat kendaraan, semakin berat kendaraan maka waktu yang dibutuhkan akan semakin lama untuk mempercepat kendaraan.
- Kelebihan rimpull, semakin banyak rimpull yang berlebih maka akan semakin cepat kendaraan dipercepat.
- Grade (kemiringan) jalan angkut yang dilalui.

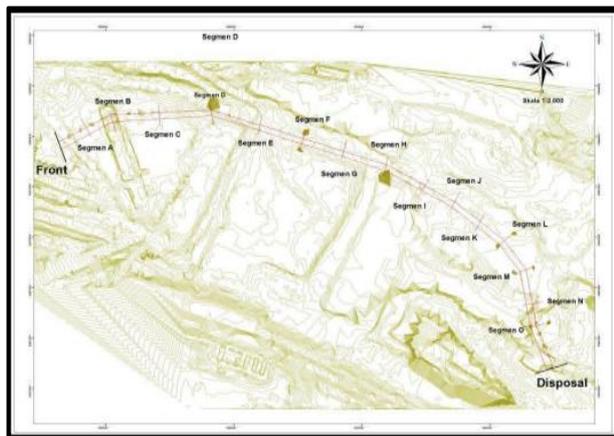
## 3. HASIL PENELITIAN

3.1 Dari hasil pengamatan di lapangan diperoleh beberapa data geometri Jalan, seperti jarak penambangan overburden sampai ke disposal area  $\pm$  2,50 km. Di sepanjang Jalan produksi tersebut, dari pengamatan terbagi dalam beberapa segmen. Pembagian segmen dilakukan dengan cara melihat kondisi dan geometri jalan, seperti lebar, panjang, kemiringan, Jarak pandang, dan kondisi lainnya. Dari pengamatan kondisi jalan produksi memiliki masalah seperti jalan berubang, grade jalan yang terlalu tinggi dan jalan yang semakin melebar ataupun semakin mengecil. Dari pengamatan di lapangan segmen jalan dapat dibagi dalam beberapa segmen seperti pada tabel berikut;

**Tabel 2.1 : Panjang Jalan Persegmen (Data Aktual)**

Segmen	Jarak (meter)
Front – A	125
A – B	107
B – C	190
C – D	206
D – E	198
E – F	174
F – G	166
G – H	180
H – I	174
I – J	133
J – K	125
K – L	124
L – M	146
M – N	186
N – O	91
O – Disposal	158

Sedangkan sketsa Jalana tambang ddilapangan dapat dilihat pada gamabr berikut;



Gambar : 3.1 Peta Jalan Dari Front Ke Disposal

Sedangkan data perubahan geometri dapat dilihat pada tabel berikut;

### 3.2 Lebar jalan lurus

Contoh menganalisis lebar jalan minimum dalam menentukan geometri jalan tambang, yaitu sebagai berikut;

#### 3.2.1.1 Geometri jalan angkut actual

##### 1. Lebar jalan angkut pada jalan lurus

Penentuan lebar jalan alat angkut tambang didasarkan pada unit alat angkut yang memiliki dimensi paling besar yang sedang beroperasi di jalan tambang tersebut adalah Komatsu HD 785.

- Jarak roda (U) = 4.325 mm
- Jarak as roda depan dengan bagian depan *truck* = 2.150 mm
- Jarak as roda belakang dengan bagian belakang *truck* = 3.190 mm
- Jarak as roda depan dengan roda belakang (Wb) = 4.950 mm
- Lebar *hauling dump* = 6.453 mm
- Sudut penyimpangan roda ( 2 jalur) = 69°

$$L = (n \times Wt) + (n + 1) \times (0.5 \times Wt) \text{ meter}$$

Sehingga dapat dihitung lebar jalan lurus untuk dua jalur adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L &= (n \times Wt) + (n + 1) \times (0,5 \times Wt) \\ &= (2 \times 6.453) + (2 + 1) \times (0,5 \times 6.453) \\ &= 12.906 + (3 \times 3.226,5) \\ &= 22.585,5 \text{ mm} \\ &= 22.585 \text{ m} \\ &= 23 \text{ m (lebar minimum keadaan lurus)} \end{aligned}$$

Sedangkan dari pengamatan diketahui lebar jalan lurus secara aktual sebagai berikut;

Tabel 3.2 : Lebar Jalan Lurus (Data Aktual

Segmen	L. Jalan (Meter)	Keterangan
Front – A	30	Lurus
A - B	33	Lurus
C – D	34	Lurus
D – E	33,5	Lurus
E – F	31,5	Lurus
F – G	36	Lurus
G – H	34,5	Lurus
H – I	36	Lurus
I - J	36	Lurus
J – K	32,5	Lurus
K – L	30	Lurus
M – N	31,5	Lurus
N – O	35,5	Lurus
O – Disposal	33,5	Lurus

### 3.3 Lebar Jalan Tikungan

#### 3.3.1 Lebar jalan angkut pada tikungan

Lebar jalan angkut minimum pada tikungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut;

$$\begin{aligned} W_{min} &= 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \\ C &= Z = 0.5 (U + Fa + Fb) \end{aligned}$$

Dimana :

- Wmin = Lebar jalan angkut minimum pada tikungan (m)
- U = Lebar jejak roda (m)
- n = Jumlah jalur
- Fa = Jarak roda depan dengan sisi samping terluar *dump truck* dikalikan sinus sudut penyimpangan roda (m)
- Fb = Jarak roda belakang sisi samping terluar *dump truck* dikalikan sinus sudut penyimpangan roda (m).
- C = Jarak antara dua *dump truck* yang akan bersimpangan (m)
- Z = Jarak sisi luar *dump truck* ketepi jalan (m)
- Fa = 2.150 mm × sin 69° = 2.007,20 mm = 2.978,12 mm = 2.0072 m = 2.97812 m
- Fb = 3.190 mm × sin 69° = 2.007,20 mm = 2.978,12 mm = 2.0072 m = 2.97812 m
- C = Z = 0.5 (U+Fa+Fb) = 0.5 (4.325 + 2.007,2 + 2.978,12) mm = 4.655,16 mm = 4.65516 m = 4,6 m

Sehingga perhitungan lebar jalan pada tikungan untuk dua jalur alat angkut adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \\
 &= 2 (4.325 + 2.007,2 + 2.978,12 + \\
 &4.655,16) + 4.655,16 \\
 &= 2.7930,96 + 4.655,16 \\
 &= 32.586,12 \text{ mm} \\
 &= 32.58612 \text{ m} \\
 &= \mathbf{33 \text{ m (lebar minimum keadaantikungan)}}
 \end{aligned}$$

Sedangkan dari hasil pengukuran di lapangana, lebar jalan pada tikungan diperoleh seperti pada tabel berikut.

**Tabel 3.3 : Lebar Jalan di Tikungan**

Segmen	L. Jalan (Meter)	Keterangan
B - C	40,2	Tikungan
L - M	42,5	Tikungan

### 3.4 Kemiringan Jalan (Grade)

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

Keterangan:

a : Beda tinggi antara dua titik segmen yang diukur (meter)

x: Jarak datar antara dua titik segmen jalan diukur (meter)

Contoh:

Diketahui : Beda Tinggi (a) : 1,33meter

Jarak jalan miring (R) : 107 meter

$$\sin \alpha = \frac{a}{R} = \frac{1,33 \text{ m}}{107 \text{ m}} = 0,01$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak jalan mendatar (x)} &= 107 \text{ m} \times \cos 0,01^\circ \\
 &= 107 \text{ m} \times 0,99 \\
 &= 105,93 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Grade} &= \frac{1,33 \text{ m}}{105,93 \text{ m}} \times 100 \% \\
 &= \mathbf{1,25\%}
 \end{aligned}$$

**Tabel 3.4: Kemiringan Jalan Angkut (Grade) aktual**

Segmen	Panjang Jalan (Meter)	Elevasi (mdpl)	Beda tinggi	Grade %
Front - A	125	18,74	-	0,00%
A - B	107	16,25	1,33	1,25%
B - C	190	17,33	1,25	0,66%
C - D	206	16,38	7,51	3,68%
D - E	198	23,11	6,27	3,19%
E - F	174	29,22	6,12	3,55%
F - G	166	35,81	5,44	3,31%
G - H	180	40,29	3,72	2,08%
H - I	174	43,32	4,81	2,79%
I - J	133	47,22	3,66	2,08%
J - K	125	50,53	-	0,00%
K - L	124	50,41	1,15	0,93%
L - M	146	51,32	13,25	9,16%
M - N	186	50,11	1,57	0,85%
N - O	91	50,78	5,21	5,70%
O - Disposal	158	47,32	-	0,00%

### 3.4 Beda tinggi melintang (Cross slope)

#### 3.4.1 Perhitungan Cross Slope pada jalan jurul dua jalur Pit MTBU

Sehingga untuk jalan angkut pit MTBU dengan lebar rata-rata 34,07 meter

mempunyai beda ketinggian pada jalan sebesar :

$$\begin{aligned}
 a &= \text{lebar jalan} \\
 b &= a \times 40 \text{ mm/m} \\
 b &= 34,07 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m} \\
 b &= 1363 \text{ mm} \\
 b &= \mathbf{136,3 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk jalan angkut pit MTBU dengan standart lebar jalan minimum 22 meter

mempunyai beda ketinggian pada jalan sebesar :

$$\begin{aligned}
 a &= \text{lebar jalan} \\
 b &= a \times 40 \text{ mm/m} \\
 b &= 22 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m} \\
 b &= 880 \text{ mm} \\
 b &= \mathbf{88 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

Jadi **crossslope** yang harus dibuat dilokasi penambangan jalan angkut pit 7 West A adalah **88 cm s.d 136,3 cm**.

Berikut hasil pengukuran beda tinggi di lapangan, dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.5: Data beda tinggi melintang (cross slope) di lokasi penelitian**

Segmen	Lebar Jalan (Meter)	Elevasi (mdpl)	Elevasi (mdpl)	Beda tinggi (Meter)
		(Muatan)	Kosongan	
Front - A	30	18,74	17,41	1,33
A - B	33	16,25	15,63	0,62
C - D	34	16,38	14,97	1,41
D - E	33,5	23,11	22,69	0,42
E - F	31,5	29,22	28,76	0,46
F - G	36	35,81	34,29	1,52
G - H	34,5	40,29	38,72	1,57
H - I	36	43,32	42,08	1,24
I - J	36	47,22	46,31	0,91
J - K	32,5	50,53	50,42	0,11
K - L	30	50,41	49,77	0,64
M - N	31,5	51,32	50,7	0,62
N - O	35,5	50,78	50,64	0,14
O - Disposal	33,5	48,39	47,72	0,67

### 3.5 Superelevasi

Berikut cara perhitungan teoritis Superelevasi pada tikungan Jalan tambang;

Untuk menghitung nilai superelevasi terlebih dahulu harus mengetahui jari-jari tikungan

$$R = \frac{Wb}{\sin \alpha} = \frac{4,95 \text{ m}}{\sin 69^\circ} = 5,3 \text{ meter}$$

Dimana :

R : jari-jari tikungan

wb : jarak antara poros depan dan belakang

Sin  $\alpha$  : Sudut penyimpangan roda depan

Berdasarkan Tabel 3.6 di bawah, angka *superelevasi* **0,16** dan **0,13** lebih variatif untuk berbagai macam jari-jari tikungan dan tingkat kecepatan. Dengan penggunaan angka superelevasi 0,16 dan 0,13 maka beda tinggi yang harus dibuat adalah :

$$\begin{aligned} \text{Tg } \alpha &= 0,16 ; \text{ maka } \alpha = 9^\circ \\ a &= 5,3 \times \sin 9^\circ \\ &= 5,3 \text{ m} \times 0,156 \\ &= \mathbf{0,82 \text{ m}} \end{aligned}$$

Jadi beda tinggi yang harus dibuat antara sisi dalam dan sisi luar tikungan pada segmen B, segmen dan M adalah 0,82 m.

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha &= 0,13; \text{ maka } \alpha = 7,5^\circ \\ a &= 5,3 \times \sin 7,5^\circ \\ &= 5,3 \text{ m} \times 0,13 \\ &= \mathbf{0,68 \text{ m}} \end{aligned}$$

**Tabel 3.6:** Beda tinggi superelevasi di lokasi penelitian

Segmen	Lebar Jalan (Meter)	Elevasi (mdpl) (Muatan)	Elevasi (mdpl) (Kosongan)	Beda tinggi (Meter)
B - C	40,2	17,33	16,09	1,24
L - M	42,5	50,11	48,49	1,62

### 3.5 Alat alat Mekanis Yang Digunakan

- Komatsu PC-2000 ( 3 Unit)
- Komatsu HD 785 (34 Unit)

### 3.6 ANALISA DATA

#### 3.6.1 Koreksi Lebar jalan lurus

Dari analisa data yang terukur di lapangan dan dibandingkan dengan standard minimal lebar Jalan lurus tambang maka data lebar jalan lurus di lapangan tersebut sudah memenuhi standar geometri jalan angkut. Karena lebar jalan produksi di MTBU – Barat pada jalur front menuju disposal yang berjarak  $\pm 2.250$  m sudah memenuhi standar yaitu sebesar 30 – 33 meter maka tidak perlu ada pelebaran jalan yang signifikan di lakukan. Karena perhitungan teoritisnya lebar jalan minimum yang diharuskan adalah 23 meter sudah melebihi minimum. Jumlah dan jenis alat angkut yang digunakan di MTBU pada pengangkutan material overburden adalah Komatsu HD 785 34 unit.

**Tabel 3.7:** Koreksi Lebar Jalan Lurus dilokasi penelitian

Segmen	L. Jalan (Meter)	L. Min 22,58 M	Koreksi
Front - A	30	> L. Min	Sesuai
A - B	33	> L.Min	Sesuai
C - D	34	> L. Min	Sesuai
D - E	33,5	> L.Min	Sesuai
E - F	31,5	> L.Min	Sesuai
F - G	36	> L.Min	Sesuai
G - H	34,5	> L.Min	Sesuai
H - I	36	> L.Min	Sesuai
I - J	36	> L.Min	Sesuai
J - K	32,5	> L.Min	Sesuai
K - L	30	> L.Min	Sesuai
M - N	31,5	> L.Min	Sesuai
N - O	35,5	> L.Min	Sesuai
O - Disposal	33,5	> L.Min	Sesuai

#### 3.4.2 Koreksi Lebar Jalan Angkut Tikungan

Lebar jalan tikungan berdasarkan perhitungan teoritis lebar jalan minimum yang diharuskan adalah 33 m.

**Tabel 3.8:** Lkoreksi Lebar Jalan Tikungan

Segmen	L. Jalan (Meter)	L. Min 33 M	Koreksi
B - C	40,2	> L. Min	Sesuai
L - M	42,5	> L. Min	Sesuai

#### 3.4.3 Perbaikan Kemiringan Jalan (Grade)

Untuk koreksi/perbaikan kemiringan jalan (Grade) berada pada segmen M-N (9,16%), dimana grade segmen M-N melebihi batas maksimal, dan batas maksimal dari garde jalan adalah **maksimal 8%** . Jadi perlu dilakukan perbaikan dengan cara mengurangi ketinggian dari grade jalan dengan menggunakan Dozer.

**Tabel 3.9:** Perbaikan Kemiringan Jalan (Grade) tambang di lokasi

Segmen	Panjang Jalan (Meter)	Elevasi (mdpl)	Beda tinggi	Grade %
L - M	120	50,11	12,12	9,16%

#### 3.4.4 Perbaikan Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Pengukuran dilakukan menggunakan GPS. Untuk mengetahui kemiringan melintang sesuai dengan standar atau tidak sesuai, maka dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.10:** Pengurangan dan penambahan cross slope di Jala Tambang (maksimum 88 cm s.d 136,3 cm)

Segmen	Beda Tinggi (Meter)	Perbaikan
A – B	0,62	+0,26
C – D	1,41	-0,5
D – E	0,42	+0,46
E – F	0,46	+0,42
F – G	1,52	-0,16
G – H	1,57	-0,21
J – K	0,11	+0,77
K – L	0,64	+0,24
L – N	0,62	+0,26
N – O	0,14	+0,74
O - Disposal	0,67	+0,18

Dari tabel di atas menunjukkan masih ada segmen yang belum memenuhi standar *cross slope*, maka perlu perbaikan. Pada segmen yang melebihi angka 1,363 meter, maka perlu dikurangi kemiringannya supaya beban alat angkut tidak bertumpu pada bagian jalan alat angkut yang rendah. Pada segmen yang kurang dari angka 0,88 meter perlu dinaikkan angka *cross slope* supaya air limpasan ketika hujan dapat mengalir dan tidak tergenang dibadan jalan dan mengakibatkan jalan alat angkut basah dan licin dan pada saat penyiraman yang berlebihan atau penyiraman yang tidak putus-putus.

### 3.4.5 Perbaikan Superelevasi

Untuk mendapatkan nilai superelevasi dilakukan pengukuran elevasi dari hasil perhitungan maka didapat nilai beda tinggi.

Tabel 3.11: Perbaikan Superelevasi

Segmen	Beda Tinggi (Meter)	Koreksi
B – C	1,24	-0,42
L – M	1,62	-0,8

### 3.4.6 Rolling Resistance

Tahanan gulir di area pit MTBU, maka didapatkan sebesar 1.775 lb, dimana kondisi jalan tambang yang menghubungkan antara front menuju disposal memiliki jalan yang keras.

### 3.4.7 Perhitungan Tekanan Beban alat angkut Terhadap Tanah

Dari hasil perhitungan, bahwa beban yang di terima permukaan jalan yang dilewati alat angkut sebesar **20.338,56 psf** pada ban belakang, sedangkan tekanan beban pada ban depan sebesar **20.319,84psf**.

Jalan pit MTBU menggunakan material *Claystone* yang memiliki daya dukung tanah sebesar **16.000 psf**, maka dapat disimpulkan bahwa nilai beban yang diberikan alat angkut lebih besar daripada nilai daya dukung tanah sehingga jalan alat angkut mudah

bergelombang dan berlubang akibatnya alat angkut bisa amblas.

Dinilai dari angka daya dukung tanah yang lebih kecil dari beban Yng diberikan roda depan dan roda belakang maka maka material yang sesuai dengan beban yang di terima jalan adalah material yang tergolong *Hardstone (sandstone)* dan *Overlying rock* yang mempunyai nilai daya dukung tanah sebesar **24.000 psf**, dimana nilai **24.000 psf** lebih besar dari nilai beban yang diberikan alat angkut.

### 3.4.8 Hubungan Geometri Jalan Terhadap Produktivitas Alat Angkut.

Dilokasi Penelitian, sistim waktu kerja menerapkan sistem jam kerja 3 shift, yaitu untuk jam kerja pershift sebesar 8 jam atau 24 Jama sehari. Tetapi dari hasil analisis jam kerja yang diperoleh dilapangan jam kerja efektifnya hanya sebesar 17,33 jam/ hari, jadi ada 6,67 Jam.

Dari data aktual di lapangan *cycle time* setiap segmen berbeda-beda dan rata-rata waktu edar alat angkut sebesar 24,13menit (1448,05 detik) dan produktivitas alat angkut, yang didapatkan  $\pm 55.000$  BCM/Bulan, target produksi sebesar  $\pm 65.000$  BCM/Bulan. Dilakukan perbaikan waktu edar alat angkut yang awalnya sebesar 24,13menit (1448,05 detik) menjadi 22,37 menit (1342,473 detik) dan produktivitas alat angkut meningkat menjadi 66.000 BCM/Bulan atau meningkat menjadi 83,33%.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Dari hasil analisa data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

#### 1. Geometri Jalan

- Dari hasil pengukuran pada penelitian diketahui lebar jalan lurus dan tikungan pada setiap segmen, sudah memenuhi syarat.
- Berdasarkan pengukuran grade jalan aktual pada segmen L-M sebesar (9,16%), segmen tersebut harus dilakukan penurunan dengan menggunakan grader.
- Untuk standar *cross slope* ada beberapa segmen yang tidak memenuhi standart, pada segmen A-B dilakukan penaikan sebesar 0,26 m, segmen C-D dilakukan pengurangan sebesar 0,05 m, segmen D-E dilakukan penaikan sebesar 0,46 m, segmen E-F dilakukan penaikan sebesar 0,42 m, segmen F-G dilakukan pengurangan sebesar 0,16 m, segmen G-H dilakukan pengurangan sebesar 0,21 m, segmen J-K dilakukan penaikan sebesar 0,77 m, segmen K-L dilakukan penaikan sebesar 0,24 m, segmen M-N dilakukan penaikan sebesar 0,26 m, segmen N-O dilakukan penaikan sebesar 0,74 m,

segmen O-Disposal dilakukan penaikan sebesar 0,21 m, maka perlu dilakukan perbaikan cross slope. 57

- d. Dari hasil pengamatan di lapangan superelevasi pada segmen B-C sebesar 1,24 maka dilakukan pengurangan sebesar 0,42 meter dan segmen L-M nilai superelevasi aktual sebesar 1,62 meter maka dilakukan pengurangan sebesar 0,80 meter.

## 2. Produktivitas Alat Angkut;

Dari data aktual Waktu edar alat angkut sebesar **24,13 menit (1448,05 detik)** dan produktivitas alat angkut sebesar **55.000 BCM/Bulan**, dengan **target produksi 65.000 BCM/Bulan**. Setelah memperbaiki geometri jalan, maka produktivitas alat angkut yang awalnya sebesar 24,13menit (1448,05 detik) **menjadi 22,37 menit (1342,473detik)** dan produktivitas alat angkut meningkat menjadi, **66.000 BCM/jam**.

## 4.2 Saran

Untuk mencapai target produksi dengan hubungan terhadap jalan angkut overburden disarankan:

1. Perawatan secara berkala seperti perataan permukaan jalan, pemadatan jalan, penyiraman jalan agar tidak berdebu, perbaikan jalan untuk *superelevasi* perlu diperkecil agar tidak terlalu miring dan sesuaikan dengan standard. Dengan kondisi jalan yang baik, maka kegiatan produksi akan baik dan target dapat tercapai.
2. Perlunya pelatihan yang serius untuk operator alat mekanis agar dapat lebih efektif dan efisien saat beroperasi. Semakin baik kemampuan operator dalam mengoperasikan alat, maka akan semakin produktif.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1990, "Manual Rural Highway Design".
- Caterpillar, "Caterpillar Performance Handbook" Edition 24.
- Hartman, Howard L. 1992, "SME Mining Engineering Handbook", Volume II, 2nd Edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration inc., Littleton, Colorado.
- Oglesby, H. Clarkson., Alih bahasa oleh Setianto, Purwo, Ir., 1990, "Teknik Jalan Raya", Jakarta : Erlangga.
- Projosumarto, Partanto., 1993, "Pemindahan Tanah Mekanis", Bandung : Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung

Robert L. Peurifoy, "Construction Planning, Equipment & Methods", Fourth Edition, 1985.

Silvia S, 1994, Dasar-dasar Perencanaan Geometri Jalan, ITB, Bandung

William Hustrulid and Mark Kuchta 1995, "Open Pit Mine Planning and Design Volume 1 – Fundamentals", A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, Netherland.

W. Walter Kaufman, James C.A 1977, "Design of surface Mine Haulage Road- A Manual", Information Circular, United States Departement of The Interior, Berau of Mines, Washington, USA.