

Evaluasi dan Redisain Geometri Jalan Tambang pada Penambangan Andesit

(Studi Kasus PT Lotus SG Lestari, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat)

¹Kun Hadipati Kusuma Negara, ²Maryanto, ³Dono Guntoro
^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116
Email: ¹Kun_Hadi007@yahoo.com

Abstract. Distance from front of Andesit mine / Loading point to Hopper / crushing plant A is ± 1362 meters. While loading point to crushing plant B is ± 1201 meter. On the haul road in PT Lotus SG Lestari divided into 2 lanes, after measuring the road with interval of 10 meter known road width vary between 4,7 - 16,7 meter. the slope of the road from the front of the Andesite mine to Crushing Plant is between 0 - 18,797%. When referring to the road standard that is fixed by the Aasho Manual Rural High Way Design haul road from the front of the Andesite mine to the Crushing Plant there are several parts of the road that have not met the standard haul roads such as the width of the haul road, whether it is the width of the haul road on a straight or wide road road on the curve or bend and the slope of the road is too skewed. Based on the calculation of the haul road width for the straight haul road width is 10.85 (tonly BR855R) 8.75 (Hino DT Fm260ti) meter and the haul road width on the curve is 15.5 meters (tonly) 12,363 meters (hino). Material carrying capacity of land for PT Lotus SG Lestari haul road of 20,000 psf. Based on the calculation is known the conveyance press is 16,000 psf. With the stop of the conveyance on the straight road that is 12,693 meters to 22,357 meters and for the road transport road that is 13.035 meters to 25,672 meters. the maximum superelevation to be made in the field at bends ranges from -114,286 mm / m to 273,685 mm / m and for cross slope of the middle haul road must have a height difference of 26.25 cm. There are still some observation points that are less width, either straight or bend. This of course must be taken seriously because if the truck passes then the truck will reduce its speed even some have to stop first until the other truck passes.

Keywords: Hino DT Fm260ti, Tonly BR855R, Crushing Plant, Aasho Manual Rural High Way Design, Hopper, Loading Point, Superelevation, Cross Slope

Abstrak. Jarak dari *front* tambang Andesit / Loading point ke Hopper / crushing plant A berjarak ± 1362 meter. Sedangkan *loading point* ke *crushing plant* B berjarak ± 1201 meter. Pada jalan angkut di PT Lotus SG Lestari terbagi 2 jalur, setelah melakukan pengukuran jalan dengan interval 10 meter diketahui lebar jalan bervariasi antara 4,7 – 16,7 meter. kemiringan jalan dari *front* tambang Andesit ke *Crushing Plant* yaitu antara antara 0 – 18,797 %. Bila mengacu pada standar jalan yang di tetapkan oleh *Aasho Manual Rural High Way Design* jalan angkut dari *front* tambang Andesit ke *Crushing Plant* terdapat beberapa bagian jalan yang belum memenuhi standar jalan angkut tambang diantaranya lebar jalan angkut, baik itu lebar jalan angkut pada jalan lurus maupun lebar jalan pada tikungan atau belokan serta kemiringan jalan yang terlampaui miring. Berdasarkan hasil perhitungan lebar jalan angkut untuk lebar jalan angkut lurus adalah 10,85 (tonly BR855R) 8,75 (Hino DT Fm260ti) meter dan lebar jalan angkut pada tikungan adalah 15,5 meter (tonly) 12,363 meter (hino). Material daya dukung tanah untuk jalan angkut PT Lotus SG Lestari sebesar 20.000 psf. Berdasarkan perhitungan diketahui daya tekan alat angkut adalah 16.000 psf. Dengan Jarak henti alat angkut pada jalan lurus yaitu 12,693 meter sampai 22,357 meter dan untuk jalan angkut tikungan yaitu 13,035 meter sampai 25,672 meter. *superelevasi* sebesar yang harus dibuat di lapangan pada tikungan berkisar antara -114,286 mm/m sampai 273,685 mm/m dan untuk *Cross slope* (kemiringan melintang) jalan angkut bagian tengah harus memiliki beda tinggi sebesar 26,25 cm. Masih terdapat beberapa titik pengamatan yang kurang lebarnya baik itu jalan lurus maupun tikungan. Hal ini tentunya harus diperhatikan dengan serius karena bila truk berpapasan maka truk akan mengurangi kecepatannya bahkan ada yang harus berhenti terlebih dahulu sampai truk yang satunya lewat.

Kata Kunci: Hino DT Fm260ti, Tonly BR855R, Crushing Plant, Aasho Manual Rural High Way Design, Hopper, Loading Point, Superelevation, Cross Slope

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Secara garis besar, Setiap operasi penambangan memerlukan jalan tambang sebagai sarana infrastruktur yang vital di dalam lokasi penambangan dan sekitarnya. Jalan tambang berfungsi sebagai penghubung lokasi – lokasi penting, antara lain lokasi penambangan dengan area stockpile, pengolahan bahan galian, perkantoran, perumahan karyawan, dan tempat – tempat lain di wilayah penambangan.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan dan mempengaruhi operasi pengangkutan antara lain kondisi jalan, kondisi peralatan, kondisi cuaca, dan faktor pendukung keamanan dan keselamatan pada jalan angkut. Dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan evaluasi mengenai kondisi geometri jalan angkut agar mendapatkan kondisi jalan angkut yang sesuai dengan spesifikasi alat angkut dan tercapainya kondisi kerja yang aman dan nyaman di lapangan.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui geometri jalan angkut aktual di lapangan.
2. Menghitung kemampuan daya dukung jalan dalam menahan beban yang diberikan oleh alat angkut.
3. Menghitung waktu tempuh alat angkut.
4. Menentukan jarak henti antar alat angkut pada jalan lurus dan tikungan.
5. Mengevaluasi geometri jalan tambang dan faktor pendukung kelancaran dan keselamatan kerja pada jalan tambang.

B. Landasan Teori

Fungsi utama jalan angkut adalah untuk menunjang kelancaran operasional pengangkutan dalam kegiatan penambangan. Alat angkut umumnya berdimensi besar, oleh sebab itu, geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman. Berikut geometri jalan angkut yang harus diperhatikan pada umumnya, yaitu:

1. Lebar Jalan angkut

Lebar jalan minimum pada jalan lurus dengan lajur ganda atau lebih harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan jalan (The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Manual Rural High Way Design, 1973). Seandainya lebar kendaraan dan jumlah lajur yang direncanakan masing-masing adalah W_t dan n , maka lebar jalan angkut pada jalan lurus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{\min} = n.W_t + (n + 1) (\frac{1}{2}.W_t) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

L_{\min} = lebar jalan angkut minimum, m

n = jumlah lajur

W_t = lebar alat angkut, m

Lalu untuk lebar jalan angkut tikungan dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{\min} = 2(U+Fa+Fb+Z)+C\dots\dots\dots(2)$$

$$Z = (U+Fa+Fb)/2$$

Dimana :

L_{\min} = lebar jalan angkut minimum, m

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

F_a = lebar jantai (*overhang*) depan, m

F_b = Lebar jantai belakang, m

Z = lebar bagian tepi jalan, m
 C = Jarak antar kendaraan (*total lateral clearance*), m

2. Kemiringan dan Superelevasi Jalan Angkut

Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut truck berkisar antara 10% – 15% atau sekitar $6^\circ - 8,50^\circ$. Akan tetapi untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan maksimum sekitar 8% ($= 4,50^\circ$).

3. Kemampuan Alat Angkut dalam Mengatasi Tanjakan

Rimpul adalah gaya traksi atau tenaga tarik yang disediakan oleh mesin untuk menggerakkan roda pada *wheel tractor*. Untuk menghitung besarnya rimpull dapat digunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Rimpull tersedia (lb)} = \frac{375 \times \text{HP} \times \text{Efisiensi Mekanis}}{\text{kecepatan (mph)}}$$

Di mana :
 RP = Rimpull, lb
 HP = daya mesin, HP
 EM = efisiensi mekanis
 V = kecepatan truk, mph

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Penelitian

1. Lebar Jalan Angkut

Setelah mengetahui spesifikasi dari Dump Truck Scania P420, bisa dilakukan perhitungan lebar minimum jalan angkut yang memenuhi standar AASHTO. Berikut hasil perhitungan lebar jalan lurus:

$$\begin{aligned} L &= n \cdot W_t + (n + 1) 0,5 \cdot W_t \\ L &= 2 \times 3,1 + (2 + 1) 0,5 \times 3,1 \\ &= 10,85 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan lebar jalan angkut pada tikungan :

$$\begin{aligned} W &= 2 (U + F_a + F_b + Z) + C \\ &= 2 (1940 + 1511 + 1055 + 1759,893) + 1759,893 \\ &= 2 (6265,893) + 1759,893 \\ &= 12531,786 + 1759,893 \\ &= 14291,679 \text{ mm} \\ &= 14,3 \text{ meter} \end{aligned}$$

2. Superelevasi

Kecepatan rencana yang digunakan pada jalan tamabng adalah 30 km/jam. Sedangkan koefisien gesekan untuk perencanaan/perancangan secara matematis Jadi nilai super elevasi dalah (contoh perhitungan) :

$$0+070 : (R= 38,075)$$

$$e = \frac{30^2}{127 \cdot 38,075} - 0,2205 = -0,034 \text{ m/m atau } -34,378 \text{ mm/m}$$

3. Kemampuan Alat Angkut dalam Mengatasi Tanjakan

Berdasarkan spesifikasi teknis Dump truk Hino Fm210Ti, diketahui :

- Berat bermuatan = 50,075 ton
- Berat kosong = 19,075 ton
- Tenaga kuda = 420 HP

Tabel 1. Faktor Efisiensi Alat

Keadaan Medan	Keadaan Alat			
	Memuaskan	Bagus	Biasa	Buruk
Memuaskan	0,85	0,81	0,76	0,70
Bagus	0,78	0,75	0,71	0,65
Biasa	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,65	0,52

Untuk mengetahui kemampuan tanjakan Scania P420 dapat dihitung sebagai berikut :

1. Bermuatan

a. Rimpul yang diperlukan :

- 1) Rimpul untuk mengatasi tanjakan misal (grade = a %)
- 2) $50,075 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton/\%grade} = (1001,5 \times a \% \text{ grade}) \text{ lb}$
- 3) Rimpul untuk mengatasi tahanan gulir
- 4) $50,075 \text{ ton} \times 100 \text{ lb/ton} = 5007,5 \text{ lb}$
- 5) Rimpul untuk mengatasi percepatan
- 6) $50,075 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton} = 1001,5 \text{ lb}$
- 7) Total rimpull yang diperlukan = $(1001,5 \times a \%) \text{ lb} + 5007,5 \text{ lb}$

b. Rimpul yang tersedia:

Besarnya rimpul yang tersedia pada dump truck dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rimpull} = \frac{375 \times \text{HP} \times \text{eff.mesin}}{\text{kecepatan (mph)}}$$

Diketahui bahwa kecepatan maksimum yang tersedia pada gigi 1 dengan efisiensi mesin 85 % adalah 6,101 mph maka :

$$\begin{aligned} \text{Rimpull pada gigi 1} &= \frac{375 \times 420 \times 85\%}{6,101} \\ &= 21994,790 \text{ lb} \end{aligned}$$

Agar Scania mampu bergerak, jumlah rimpull yang diperlukan harus sama dengan rimpull yang tersedia. Keadaan tersebut akan terjadi bila tanjakan (a %) jalan angkut sebesar :

Rimpul yang diperlukan :

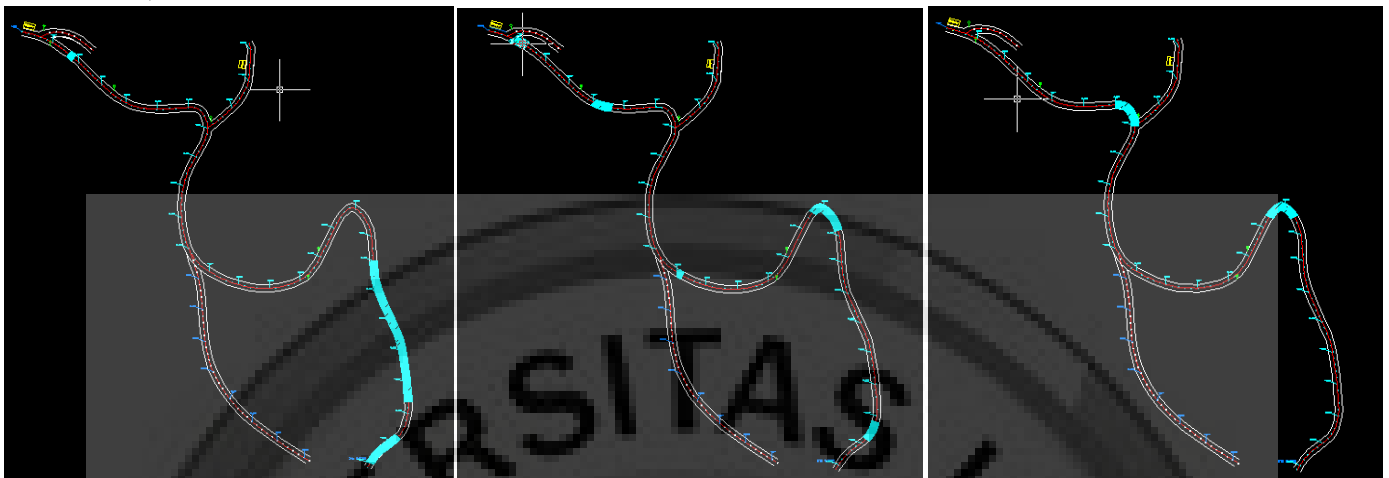
- a. Rimpul untuk mengatasi tanjakan misal (grade = a %)
 $50,075 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton/\%grade} = (1001,5 \times a \% \text{ grade}) \text{ lb}$
- b. Rimpul untuk mengatasi tahanan gulir
 $50,075 \text{ ton} \times 100 \text{ lb/ton} = 5007,5 \text{ lb}$
- c. Rimpul untuk mengatasi percepatan
 $50,075 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton} = 1001,5 \text{ lb}$
- d. Total rimpull yang diperlukan = $(1001,5 \times a \%) \text{ lb} + 5007,5 \text{ lb}$
 $5007,5 \text{ lb} + (1001,5 \times a \%) \text{ lb} = 21994,790 \text{ lb}$
 $1001,5 \times a \% = 16987,29 \text{ lb}$
 $a \% = 16.961$

Jadi tanjakan yang mampu diatasi oleh Hino Fm210Ti adalah $16,961 \% = 17 \%$

2. Pembahasan

Pengolahan data menggunakan standar berdasarkan ketetapan (AASHTO)

Manual Rural High Way Design 1973 dan dari hasil penelitian lebar jalan angkut lurus yang memenuhi standar hanya 66,67%, dan untuk lebar jalan angkut tikungan hanya 48,48485%



(a) Lebar lurus (b) lebar tikungan (c) *superelevasi*

Gambar 1. Peta Situasi Jalan Tambang, warna biru muda menunjukkan belum sesuai standar

Tabel 2. Penambahan Lebar Jalan Lurus

No	Stasiun	Lebar Jalan (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
1	0+990	9,435948	-
2	0+1000	8,572857	0,177143
3	0+1010	7,517066	1,232934
4	0+1020	6,545733	2,204267
5	0+1030	5,333330	3,416670

Tabel 3. Penambahan Lebar Jalan Tikungan

Nama Tikungan	Stasiun	Lebar Jalan (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
T2	0+200	12,290727	0,073023
	0+210	12,3333	0,03045
	0+220	11,344485	1,019265

Pada pengamatan di lapangan ada beberapa tikungan yang belum memiliki nilai *superelevasi* standar, menyebabkan kecepatan alat angkut pada saat melewati tikungan akan lebih lambat dan apabila suatu alat angkut melewati tikungan dengan kecepatan tinggi maka alat angkut kemungkinan besar akan mengalami kecelakaan.

Tabel 4. *Superelevasi*

Tikungan	Stasiun	Lebar Jalan (m)	Jari Jari Tikungan	Super Elevasi (m/m)	Super Elevasi (mm/m)	Sudut Elevasi (o)	Beda Tinggi (m)
T3	0+300	11,33333	25,5454	0,056912535	56,91253506	3,257334218	0,645008541
	0+310	12,030011	25,6243	0,056058352	56,05835177	3,208548778	0,674382588
	0+320	12,765926	25,7564	0,054639933	54,63993311	3,1275276	0,697529343
	0+330	15,060413	24,8538	0,064632019	64,63201898	3,697998419	0,973384899
	0+340	15,086729	25,9764	0,052309711	52,30971086	2,994396455	0,789182432
	0+350	15,778045	27,994	0,032647609	32,64760925	1,869906053	0,515115448

Setelah melakukan perhitungan kemampuan alat angkut dalam mengatasi tanjakan di dapat perhitungan 17 %, dengan data pengamatan di lapangan kemiringan tanjakan hanya 13%, dengan kemiringan tanjakan 13% dengan alat angkut Hino Fm210Ti yang mampu melewati tanjakan maksimal 17% .

Jalan angkut yang baik memiliki cross slope $\frac{1}{4}$ ipf atau 41,67 mm/m. Ini berarti setiap 1 meter jarak mendatar terdapat beda tinggi sebesar 4,167 cm.

Sehingga untuk jalan angkut dengan lebar 9 m (dua jalur) mempunyai beda ketinggian pada poros jalan sebesar :

- Dua jalur:
 - a = $\frac{1}{2}$ lebar jalan
 - = $\frac{1}{2} \times 10,85$ m
 - = 5,42 m

Sehingga beda tinggi yang harus dibuat adalah:

- b = 5,42 m x 0,04167 m/m
- = 0,22585 m
- = 22,58 cm

Jadi agar jalan angkut memiliki cross slope yang baik maka bagian tengah jalan angkut harus memiliki beda tinggi sebesar 22,58 cm terhadap sisi jalan.

Berikut merupakan cara perhitungan daerah kontak dan distribusi beban terhadap permukaan jalan angkut

1. Roda Depan

- a. Beban pada poros(kg) (Bermuatan(lb)) = 16524 (36418,896)
- b. 1 kg = 2,204 lb
- c. 1 psi = 144 psf
- d. Jumlah ban = 4 buah
- e. Tekanan udara ban depan = 90 psi

$$\begin{aligned} \text{Beban yang diterima permukaan jalan} &= \frac{9104,742\text{lb}}{91,047\text{in}^2} = 100 \text{ psi} \\ &= 14400 \text{ psf} \end{aligned}$$

2. Roda Belakang

- a. Beban pada poros(kg) (Bermuatan(lb))= 33550,25 (73944,751)
- b. Jumlah ban = 8 buah (terdiri dari 4 set roda ganda)
- c. Tekanan udara ban = 110 psi
- d. Ekuivalen beban roda tunggal = 1,2

Berdasarkan data tersebut, beban yang diterima tiap roda adalah :

$$73944,751 \text{ lb} : 8 = 9243,093 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban yang diterima permukaan jalan} &= \frac{11091,711\text{lb}}{90,744 \text{ in}^2} = 122,230 \text{ psi} \\ &= 17601,234 \text{ psf} \end{aligned}$$

Tabel 5. Daya Dukung Material

Material	1,000 psf
Hard, sound rock	120
Medium hard rock	80
Hard pan Overlying rock	24
Compact gravel and boulder-gravel formation; very compact sandy gravel	20
Soft rock	16
Loose gravel and sandy gravel; compact sand and gravelly sand; very compact-inorganic silt soil	12
Hard dry consolidated clay	10
Loose coarse to medium sand; medium compact fine sand	8
Compact sand-clay soils	6
Loose fine sand; medium compact sand- inorganic silt soils	4
Firm or stiff clay	3
Loose saturated sand clay soils, medium soft clay	2

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat diklasifikasikan bahwa material daya dukung tanah untuk jalan angkut PT Lotus SG Lestari termasuk dalam kategori *Compact gravel and boulder-gravel formation; very compact sandy gravel* yang memiliki daya dukung tanah sebesar $20 \times 1000 \text{ psf} = 20.000 \text{ psf}$. Dengan nilai daya dukung material sebesar 20.000 psf, maka dapat menahan beban pada permukaan jalan sebesar 17.601,234 psf.

D. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan penelitian dan perhitungan di dapatkan kesimpulan :

- Jalan angkut yang ada sekarang masih ada beberapa bagian jalan yang belum memenuhi syarat lebar minimum untuk jalan angkut dua jalur, sehingga memerlukan penambahan lebar pada kondisi lurus dan tikungan. Hasil perhitungan lebar minimum jalan angkut lurus dan tikungan dengan alat angkut Hino Fm210Ti :
 - Lebar minimum jalan lurus = 10,85 meter
 - Lebar minimum jalan tikungan = 14,3 meter
- Ada beberapa tikungan yang belum terdapat superelevasi, sehingga memerlukan pembuatan superelevasi agar alat angkut dapat melaju sesuai dengan kecepatan. Nilai superelevasi yang harus dibuat pada tikungan berkisar antara -195,763 mm/m sampai 1,246 mm/m.
- Untuk *Cross slope* (kemiringan melintang) jalan angkut bagian tengah harus memiliki beda tinggi sebesar 18,75 cm terhadap sisi kanan dan kiri jalan agar air hujan tidak menggenangi badan jalan.
- Dengan nilai daya dukung material sebesar 20.000 psf, maka dapat menahan beban pada permukaan jalan sebesar 17.601,234 psf

Daftar Pustaka

- Arif wandy, dan Gatut S.Adisumo. (2000) Perencanaan Tambang, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Pertambangan ITB, Bandung.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSHTO) Manual*

Rural Highway “Perencanaandan Design Jalan Angkut”

- Maryanto, (2008), Pengantar Perencanaan Tambang, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Prodjosumarto, Partanto dan Zaenal. (2000), Tambang Terbuka, Buku Ajar, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Rochmanhadi, (1985,) Alat Berat & Penggunaannya , Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- Suwandhi, Awang, (2004), Perencanaan Jalan Tambang, Diktat Perencanaan Tambang Terbuka, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Suwarna, N., ef al, 1992, skala peta 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- W.kaufman, Walter and C.Ault, James (1977) Society of Mining Design of Surface Mine Haulage Road- A manual, United States Departement of The Interior , Berau of Mine.

