

## Evaluasi Geometri Jalan Angkut dari Pit ke Disposal di PT. Awokgading Sarira Nusantara Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan

Jenius, Abdul Rauf

Magister Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta  
Korespondensi : Jeniusmta@gmail.com

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memeriksa kondisi dari jalan angkut nikel dan perhitungan geometri jalan di PT. Awokgading Sarira Nusantara dari pit penambangan ke disposal menggunakan Dump Truck Caterpillar 785C yang meliputi lebar jalan angkut pada jalan lurus, lebar jalan angkut pada tikungan, jari-jari tikungan, superelevasi, dan grade jalan. Hal tersebut juga berdasarkan pada perbandingan dari teori AASHTO. Operasi pengangkutan memegang peran yang sangat penting. Keamanan dan kelancaran operasi pengangkutan tidak pernah lepas dari interaksi antara jalan angkut dan alat angkut itu sendiri. Kondisi sebenarnya dari jalan angkut pada jalur lurus yang memiliki 27 segmen dengan lebar 28-31 meter, sedangkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus AASHTO yang didasarkan pada spesifikasi alat angkut diperoleh hasil 23,24 meter. Pada jalan tikungan yang memiliki 1 segmen pada STA 525 dengan lebar jalan di lapangan sebesar 30,10 meter dan lebar jalan minimum yang diperoleh dari hasil perhitungan AASHTO sebesar 25,98 meter, jari-jari tikungan sebesar 14,38 meter, dan superelevasi 1,3%. Kemiringan yang sebenarnya dari STA 01 – STA 28 adalah 0,42% - 9,85% dengan kemiringan maksimum yang dihitung adalah 10%. Berdasarkan teori AASHTO, kemiringan melintang untuk jalan lurus sebesar 0,48 meter dan untuk tikungan sebesar 0,52 meter. Kata Kunci: Jalan Angkut, Pengangkutan, Disposal

### ABSTRACT

*The purpose of this research is to examine the condition of nickle hauling road and geometry calculation on PT. Awokgading Sarira Nusantara from mining pit to the disposal according to used Dump Truck Caterpillar 785C including straight road's width, curve road's width, radius of cumature, superelevation, road grade, and cross slope. It is also to be comparison based on AASHTO theory. Hauling operation played an important role. Safety and smoothly hauling operation never apart from both interaction hauling road and hauling equipments are selves. The actual condition of hauling road on straight road has 27 segments with wide size 28 – 31 m, whereas referenced on AASHTO theory calculation based on hauling equipment spesification, researcher got a result 23, 24 m. The curve road has 1 segment on STA 525 with actual width size 30,10 m, according to AASHTO minimum width for curve road is 25,98 m, radius of cumature size 14,38 m, and superelevation 1,3%. The actual grade from STA 01 – STA 28 is 0,42% – 9,85% with grade calculation is maximum 10%. Based on AASHTO theory, cross slope for straight road is 0,48 m and for curve road is 0,52 m. Keyword : Pickup truck, Hauling, Disposal*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Salah satu kegiatan yang termasuk penting dalam usaha di bidang penambangan nikel adalah pengangkutan. Pengangkutan dalam hal ini dapat dimaksud untuk mengangkut nikel atau material hasil penambangan maupun pengolahan, mobilitas tenaga kerja dan sebagainya. Oleh karena itu diperlukannya jalan angkut yang sesuai untuk menunjang kegiatan pengangkutan tersebut dengan mencakup keamanan, kenyamanan, serta melancarkan produktifitas.

Ada beberapa parameter dalam evaluasi teknis jalan angkut, salah satunya yaitu geometri jalan angkut. Dalam suatu rancangan geometri jalan angkut hendaknya disesuaikan dengan alat angkut yang akan digunakan. Rencana alat angkut merupakan alat angkut dengan ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya (kelompok truck), dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari geometri jalan. Pada lebar jalan dipengaruhi oleh jumlah jalur dan lebar alat angkut yang digunakan, kajian tikungan dipengaruhi oleh sifat membelok alat angkut sedangkan kemiringan jalan akan dipengaruhi oleh daya alat angkut itu sendiri. Sehingga faktor-faktor yang dapat menyebabkan perbedaan di lapangan dengan perhitungan teknis dapat dikaji. Dengan rancangan teknis

geometri jalan angkut yang sesuai dengan alat angkut rencana, maka diharapkan fungsi, umur dan pelayanan jalan bisa maksimal.

PT. Awokgading Sarira Nusantara merupakan salah satu perusahaan kontraktor yang bekerja sama dengan PT. Vale Indonesia, Tbk dalam pembuatan jalan angkut yang terletak di Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya kegiatan penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah dengan mengetahui kondisi jalan yang meliputi:

1. Untuk mengetahui lebar jalan angkut yang aman pada trase jalan lurus dan tikungan dengan menggunakan angkut Caterpillar 785C.
2. Untuk mengetahui keadaan kemiringan jalan, superelevasi, dan cross slope yang ada di lapangan.

## 2. DASAR TEORI

Jalan tambang digunakan untuk mengangkut manusia, material dan peralatan di seluruh daerah tambang. Jalan pada jalan tambang dibagi sebagai berikut:

1. Jalan utama (*Mine Road*) – jalan angkut utama yang menghubungkan pit dengan daerah ROM. Jalan ini akan menjadi jalan angkut dari jaringan kerja haul road nikel yang lebih permanen dengan jangka lebih lama.
2. *Ex-pit Road* – *ex-pit haul road* atau haul road sekunder. Memiliki standar yang lebih rendah dan ramp jangka panjang yang keluar dari pit dan merupakan jalan menuju dump area jangka panjang.
3. *In-pit Road* – jalan dengan standar lebih rendah yang memiliki umur lebih pendek dan tidak menjamin adanya lapis atas batu merah. Standar sekunder jalan di dalam pit dan biasanya berada pada dinding pit menuju ke *loading face*.
4. *Bench/Dump Road* – standar jalan yang serupa dengan in-pit road. Jenis jalan ini adalah perpanjangan sistem jalan sekunder, menuju dump, sepanjang dinding dump menuju dump face.



Gambar 1 Jalan Tambang PT. Awokgading Sarira Nusantara

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan desain setiap segmen jalan angkut tambang seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan yang tertinggi dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Kesemibangan antara fungsi jalan dan keadaan medan akan menentukan biaya pembangunan jalan tersebut. Medan dikatakan mendatar jika kecepatan truk sama atau mendekati kecepatan mobil penumpang. Medan dikatakan pegunungan jika kecepatan kendaraan truk kurang banyak sehingga truk tersebut merangkak melewati jalan tersebut dengan frekuensi yang sering. Kecepatan rencana dapat ditetapkan berdasarkan pengamaan radius tikungan ( $R$ ) dan superelevasi maksimum ( $e_{maks}$ ) dengan pendekatan formulasi sebagai berikut:

$$V = \sqrt{(e_{maks}) \times 127 \times R} \quad (1)$$

Dimana:

- $V$  = Kecepatan rencana (km/jam)  
 $e_{maks}$  = Superelevasi maksimum (%)  
 $R$  = Jari-jari belokan (m)

Perencanaan geometri jalan adalah rancangan jalan menyangkut ukuran (dimensi) jalan di permukaan bumi. Geometri jalan tambang merupakan suatu bentuk yang dapat memenuhi fungsi dasar dan jalan. Fungsinya yaitu untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Medan berat yang mungkin terdapat disepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah rancangan jalan untuk meningkatkan aspek manfaat dan keselamatan kerja.

Karena alat angkut atau truk-truk pada tambang umumnya berdimensi lebih besar, panjang, dan lebih berat, oleh sebab itu geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman.

Distribusi beban pada roda dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : jumlah ban, ukuran ban, tekanan ban serta berat total kendaraan. Beban pada roda untuk setiap kendaraan dapat diketahui berdasarkan spesifikasi dari pabrik pembuatnya [7]

Sedangkan untuk menghitung luas bidang kontak (*contact area*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [7] :

$$\text{Contact area (in}^2\text{)} = \frac{0,9 \times \text{Beban pembebanan pada roda (lb)}}{\text{Tekanan dalam ban (psi)}} \quad (2)$$

Setelah luas bidang kontak (*contact area*) antara roda kendaraan dengan permukaan jalan diketahui, maka besarnya beban dari kendaraan yang diterima oleh permukaan jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Prodjosumarto dan Kramadibrata, 1998) :

$$\text{Beban yang diterima permukaan jalan (psi)} = \frac{\text{Beban pada tiap roda (lb)}}{\text{contact area (in}^2\text{)}} \quad (3)$$

➤ Lebar jalan angkut pada kondisi lurus

Penentuan lebar jalan lurus dikemukakan oleh *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) Manual Rular Highway Design (1990)* yaitu jumlah jalur dikali dengan lebar dump truck ditambah setengah lebar truk untuk masing-masing tepi kiri, kanan, dan jarak antara dua dump truck yang sedang bersilangan. Dari ketentuan tersebut dapat digunakan cara sederhana untuk menentukan lebar jalan angkut minimum, yaitu menggunakan rule of thumb dengan pengertian bahwa lebar alat angkut sama dengan lebar jalur.

Tabel 2.1 Lebar jalan angkut minimum

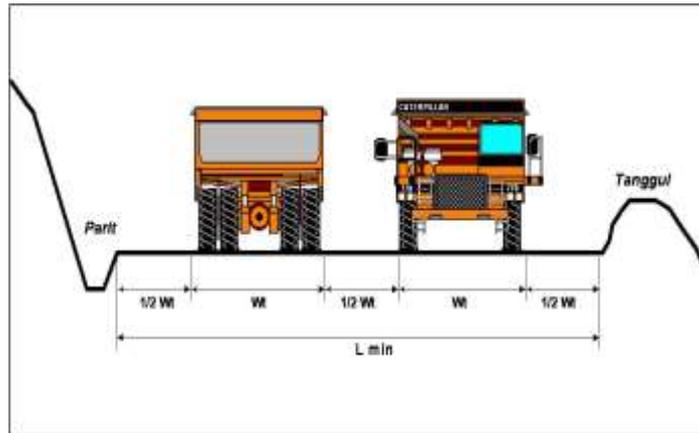
Jumlah jalur truck	Perhitungan	Lebar jalan angkut minimum
1	$1 + (2 \times \frac{1}{2})$	2,00
2	$2 + (3 \times \frac{1}{2})$	3,50
3	$3 + (4 \times \frac{1}{2})$	5,00
4	$4 + (5 \times \frac{1}{2})$	6,50

(Sumber: AASHTO)

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:

$$L(m) = n \cdot W_t + (n+1) (1/2 \cdot W_t) \quad (4)$$

Dimana:  $L(m)$  = lebar jalan angkut minimum (meter)  
 $n$  = jumlah jalur  
 $W_t$  = lebar alat angkut total (meter)



Gambar 2. Lebar jalan angkut lurus

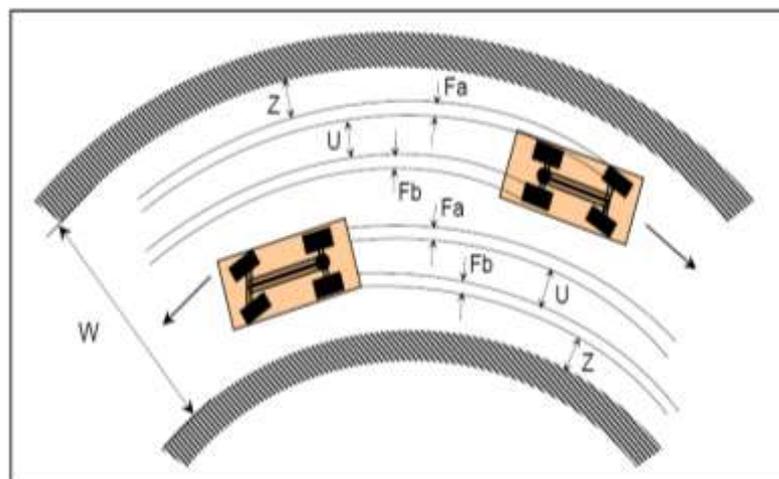
➤ Lebar jalan angkut pada tikungan

Lebar jalan angkut pada tikungan selalu dibuat lebih besar dari pada jalan lurus. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melintasi tikungan. Untuk jalur ganda, lebar jalan minimum pada tikungan dihitung dengan berdasarkan pada: lebar jejak roda, lebar jantai atau tonjolan (overhang) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok, jarak antara alat angkut saat bersimpangan, dan jarak alat angkut terhadap tepi jalan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$W = 2 (U + Fa + Fb + Z) \quad (5)$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \quad (6)$$

Dimana: W = lebar jalan angkut pada tikungan (meter)  
 U = jarak jejak roda (meter)  
 Fa = lebar jantai depan (meter)  
 Fb = lebar jantai belakang (meter)  
 Z = lebar bagian tepi jalan (meter)  
 C = jarak antara alat angkut saat bersimpangan (meter)



Sumber: Awang Suwandhi, (2004)

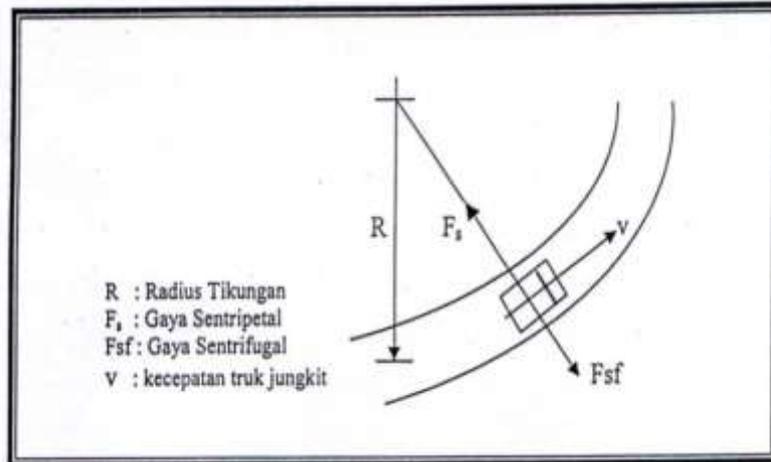
Gambar 3 Lebar Jalan Angkut pada Tikungan untuk 2 Jalur

Jari-jari atau radius tikungan jalan angkut berhubungan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang. Besarnya jari-jari tikungan minimum pada tikungan jalan angkut berhubungan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang. Besarnya jari-jari tikungan minimum pada jalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [7] :

$$R = \frac{Wb}{\sin \alpha} \quad (7)$$

Dimana: R = radius tikungan (meter)  
 Wb = jarak antara poros roda depan dan belakang (m)  
 $\alpha$  = sudut penyimpangan depan ( $^{\circ}$ )

Alat angkut yang melalui belokan atau tikungan akan mengalami gaya sentrifugal akibat kombinasi antara berat dan kecepatan alat, seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Sumber: Silvia Sukirman, (1999: 68)  
 Gambar 4. Gaya Sentrifugal pada Tikungan

Agar terhindar dari kemungkinan kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum ( $R_{\min}$ ) untuk superelevasi maksimum ( $e_{\max}$ ) dan koefisien gesek maksimum ( $f_{\max}$ ), menggunakan rumus:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \quad (8)$$

Dimana:  $R_{\min}$  = jari-jari tikungan minimum (m)  
 V = kecepatan rencana (km/jam)  
 $e_{\max}$  = sepelevasi maksimum (%)  
 $f_{\max}$  = koefisien gesek maksimum (0.14-0.24)

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan  $e_{\max} = 10\%$ . Dengan persamaan (21) dapat dihitung jari-jari tikungan minimal ( $R_{\min}$ ) untuk variasi  $V_r$  dengan konstanta  $e_{\max} = 10\%$  serta harga  $f_{\max}$ .

### 3. METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan jalan tambang, baik untuk jalan masuk ke dalam tambang untuk pemuatan bahan galian yang ditambang atau jalan yang digunakan untuk penimbunan memiliki beberapa pertimbangan geometri dalam merencanakannya. Pertimbangan geometri ini akan mempengaruhi bentuk geometri daerah penambangan secara umum. Geometri jalan meliputi lebar dan kemiringan jalan yang dipengaruhi oleh jenis alat yang digunakan dalam operasi penambangan. Pada sistem penambangan terbuka, sarana jalan merupakan alat vital bagi kelancaran produksi. Untuk itu diperlukan kondisi jalan yang dapat mendukung beban kendaraan serta material yang dipindahkan.

Berdasarkan jenisnya, jalan terdiri dari jalan tambang, jalan utama, jalan pengupasan, jalan pembuangan. Secara garis besar jalan angkut tambang mempunyai persyaratan hampir sama dengan jalan angkut di kota dan di desa. Perbedaan yang utama antara jalan raya dengan jalan tambang adalah pada bagian permukaan jalan. Untuk jalan angkut tambang permukaannya jarang sekali ditutupi dengan aspal karena jalan angkut tersebut sifatnya tidak permanen dan akan sering dilalui alat-alat berat.

### A. Metode

Pada Tahap ini dilakukan pengolahan data terhadap data yang telah dikumpulkan. Tahapan proses ini mencakup :

Trase jalan yang meliputi ( perhitungan Lebar jalan angkut pada jalan lurus dan lebar jalan angkut pada tikungan.

Untuk menghitung lebar jalan angkut pada jalan lurus :

$$L = n \cdot Wt + (n + 1) (X) \quad (9)$$

$$X = \frac{1}{2} \cdot Wt$$

Dimana :

L = Lebar jalan angkut (meter)

n = Jumlah jalur

Wt = Lebar alat angkut (meter)

Untuk menghitung lebar jalan pada Tikungan :

Rumus yang digunakan adalah :

$$W_{min} = n(u + Fa + Fb + Z) + C \quad (10)$$

$$Z = (u + Fa + Fb) / 2 \quad (11)$$

Dimana :

W = Lebar jalan angkut pada belokan (meter)

n = Jumlah jalur

u = Lebar jejak roda (meter)

Fa = Lebar jantai depan (meter)

Fb = Lebar jantai belakang (meter)

Z = Lebar bagian tepi jalan (meter)

C = Jarak aman antar kendaraan (meter)

Perhitungan jari-jari tikungan, superelevasi dan kemiringan memanjang jalan.

Untuk menghitung jari-jari tikungan, rumus yang digunakan :

$$R = \frac{W}{\sin \beta} \quad (12)$$

Di mana :

R = jari-jari belokan jalan angkut, m

W = jarak poros roda depan dan belakang, m

$\beta$  = sudut penyimpangan roda depan, °

Untuk menghitung superelevasi, rumus yang digunakan :

$$e_{max} = \frac{Vr^2}{127xR} \quad (13)$$

Dimana:

$e_{max}$  = Kecepatan Maksimum

Vr = Kecepatan Rencana

R = Jari Jari Tikungan

Untuk menghitung kemiringan memanjang jalan, rumus yang digunakan:

$$\text{Grade } (\alpha) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100 \% \quad (14)$$

Dimana :

$\Delta H$  = beda tinggi antar dua titik yang diukur (m)

$\Delta X$  = jarak datar antar dua titik yang diukur (m)

### B. Retorting

Dari hasil pengolahan data, maka dilakukan analisis terhadap trase jalan, baik itu lebar jalan pada jalan lurus dan lebar jalan pada tikungan. Perhitungan jari-jari tikungan, superelevasi dan kemiringan memanjang jalan dan terakhir perhitungan tinggi dan lebar safety bund. Agar jalan dari front penambangan OB ke disoposal dapat sesuai dan target produksi bisa tercapai pada PT. Vale Indonesia Tbk.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

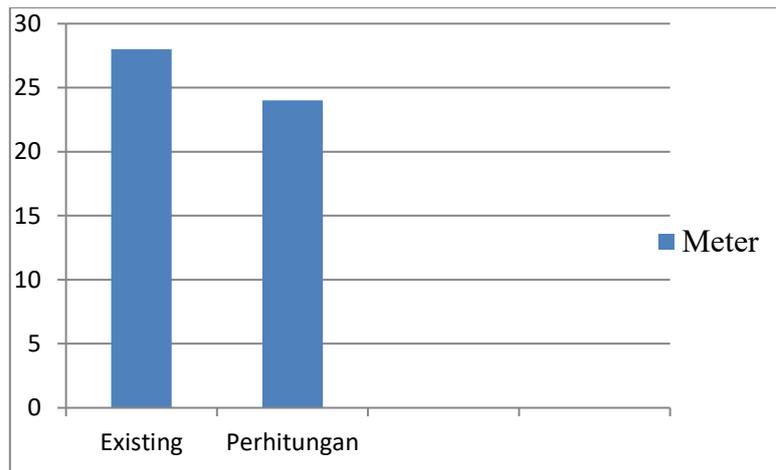
Jalan angkut pada wanda to keiko merupakan jalan angku dua jalur yang menghubungkan Pit Wanda dengan Disposal Keiko dimana lebar jalan angkut di lapangan bervariasi antara 28-31 meter. Untuk lebar alat angkut dengan menggunakan spesifikasi alat angkut Caterpillar 785C, perhitungan teknis lebar jalan angkut rencana pada jalan lurus dan tikungan untuk 2 jalur adalah sebagai berikut:

### a. Lebar jalan angkut pada jalur lurus

Perhitungan lebar pada jalan lurus berbeda dengan lebar pada jalan tikungan. Lebar jalan angkut minimum untuk jalur ganda atau lebih, pada jalur lurus di tepi kiri dan tepi kanan jalan harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut. Untuk menentukan lebar jalan lurus, digunakan rumus AASHTO. Berdasarkan hasil perhitungan, maka  $L = 23,24$  meter.

Tabel 1 Lebar Jalan Angkut pada Jalur Lurus

JALAN EXISTING	JALAN HASIL PERHITUNGAN	RUMUS
28 – 31 meter	24 meter	$L = (n \times Wt) + (n+1)(1/2 \times Wt)$



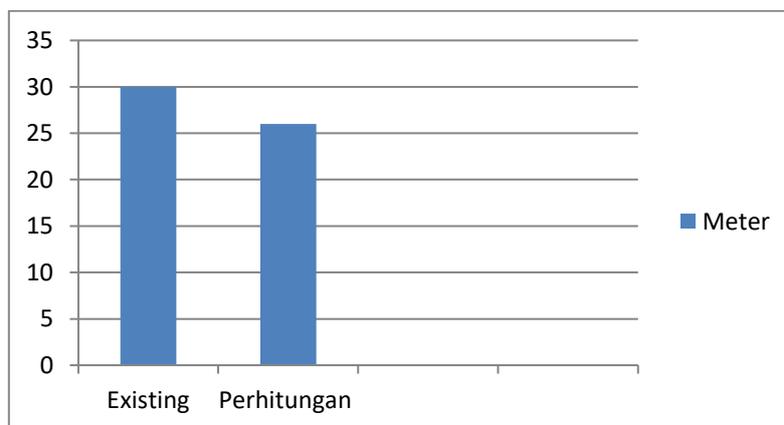
Gambar 5. Lebar Jalan Angkut pada Jalur Lurus

### b. Lebar jalan angkut pada tikungan

Berdasarkan pengamatan di lapangan untuk jalur ganda lebar minimum pada belokan dapat dihitung dengan menggunakan rumus AASHTO, maka dari hasil perhitungan diperoleh  $W_{\min} = 26$  meter.

Tabel 2 Lebar Jalan Angkut pada Tikungan

JALAN EXISTING	JALAN HASIL PERHITUNGAN	RUMUS
30 meter	26 meter	$W_{\min} = n(U+Fa+Fb+Z) + C$



Gambar 6. Lebar Jalan Angkut pada Tikungan

Lebar jalan angkut sudah memenuhi standar perencanaan jalan angkut, baik itu jalan angkut pada jalan lurus maupun pada tikungan. Jari-jari tikungan sudah sesuai dengan hasil perhitungan yaitu 14,38 m untuk kecepatan rencana 20 km/jam. Superelevasi jalan angkut pada tikungan segmen STA 525 perlu dilakukan penambahan

beda tinggi bagian sisi jalan terluar dengan sisi jalan terdalam pada jalan tikungan 0,91 m dari beda tinggi sebelumnya. Kemiringan jalan di lapangan maksimum 9,56. Cross slope pada jalan angkut perlu dilakukan penambahan rata-rata beda tinggi bagian sisi jalan terluar dengan bagian sisi tengah jalan pada jalan lurus yaitu 0,48 m dari beda tinggi sebelumnya pada semua segmen jalan lurus.

## 5. KESIMPULAN

Geometri jalan angkut yang aman pada trase jalan lurus dan tikungan pada alat angkut Caterpillar 785C adalah:

Lebar jalan angkut pada jalur lurus: 24 meter

Lebar jalan angkut pada tikungan: 26 meter

Jari-jari tikungan: 14,38 meter

Lengung peralihan: 44,54 meter

Keadaan kemiringan jalan yang direncanakan adalah maksimum 10%, di lapangan kemiringan jalan yang paling besar adalah 9,56%. Superelevasi sebesar 1,3%, sehingga superelevasi jalan angkut pada tikungan segmen STA 525 perlu dilakukan penambahan beda tinggi bagian sisi jalan terluar dengan sisi jalan terdalam pada jalan tikungan 0,91 m dari beda tinggi sebelumnya. Penampang melintang (*Cross Slope*) yang direncanakan pada jalan lurus sebesar 48 cm sedangkan pada tikungan sebesar 52 cm, sehingga cross slope pada jalan angkut perlu dilakukan penambahan rata-rata beda tinggi bagian sisi jalan terluar dengan bagian sisi tengah jalan pada jalan lurus yaitu 0,48 m dari beda tinggi sebelumnya pada semua segmen jalan lurus.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi Tonggiroh, Busthan Azikin, Zulkifli Sayuti. Kajian teknis geometri jalan angkut tambang dan rencana pembuatan saluran penirisan di tepi jalan angkut tambang: Kalimantan Timur, 2010.
- [2] Aldiyansyah, Arif Nurwaskito, Jamal Rauf Husain. Analisis geometri jalan di tambang utara pada PT. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea, Kabupaten: Sulawesi Tenggara, 2016.
- [3] Akhmad Rifandy, Hefni. Kajian teknis geometri jalan hauling pada PT. Guruh Putra Bersama site Desa Gunung Sari, Kecamatan Tabang; Kutai Kertanegara, 2011.
- [4] Ansyori Alamsyah, Alik, Rekayasa Jalan Raya, UMM Press, Malang, 2001.
- [5] Jance M. Supit, Geometri jalan angkut tambang pada KP PT. Indonesia Timur Raya, Nabire-Papua, 2011.
- [6] Kaufman, Walter W, and Ault, James C, Design of Surface Mine Haulage Roads A Manual, United States Department of The Interior, Bureau of Mines.
- [7] Partanto Projosumarto, Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Rekayasa Pertambangan Bandung, Bandung, 1981.
- [8] Rinus Tendengan, Produktivitas Alat Angkut PT. Awokgading Sarira Nusantara Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan : Soroako, 2017..
- [9] Rudy Azwari, Evaluasi geometri jalan angkut dari front tambang batubara menuju strock pile block B pada penambangan batubara di PT. Minemex Indonesia Desa Talang Serdang: Jambi, 2011.
- [10] Soegondo, Trisno, Prof., Introduction to Highway Engineering, Pengantar Rekayasa Transportasi, Jurusan Teknik Sipil ITB, Bandung, 2001,
- [11] Sukirman, Silvia, Dasar-dasar Perencanaan Geometri Jalan, Nova : Bandung, 1999.
- [12] Swandhi, Awang. "Perencanaan Jalan Tambang, Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Unisba, 2004.