

Evaluasi Geometri Jalan Angkut Komatsu HD785-7 Dari PNBP 4 Ke Crusher 6 Tambang Batu Kapur PT. Semen Padang.

Ryan Markah^{1,*}, Raimon Kopa¹, Tri Gamela Saldy¹, and Rudy Anarta¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ryanmarkah8@gmail.com

Abstract. Every mining activity always requires a haul road to move the minerals to be produced. PT. Semen Padang is an open-pit mining company that produces limestone or limestone as a cement making material. One of the mining activities that can affect the production target is the transportation process. From the results of observations about the geometry of the PNBP 4 to Crusher 6 haul roads, several non-ideal road geometries were found that could affect the production achievement. The non-ideal condition of the haul road geometry found is, the condition of the straight road is 18.9 meters wide, while the ideal is 18,025 meters. Then the corner with a width of 22.8 meters, while ideally 26,154 meters. Then the road slope is found to be 21.8%, while ideally it is 10-12%. The condition of some of these road geometry factors affect the cycle time of the material transport process. Where the condition of hauling the contents along the haul road takes 7 minutes 48 seconds. While the condition of empty hauling takes 5 minutes 23 seconds. In the comparison of actual field data with grade calculation results, it was found that there were still road grades that were not ideal, namely in the segment 25-27. Then to achieve the ideal cross slope value of 2%, then the height difference between the left and right roads to the haul road axis that must be made is 18 cm. Based on the results of the evaluation of the haul road geometry from PNBP 4 to Crusher 6, it can be concluded that there are actual road conditions that are not in accordance with the ideal calculation standard. Therefore, it is necessary to increase the width on the straight condition road and increase the width on the bend condition road. In the superelevation section, the height difference that must be made between the inside and outside of the haul road bend is 1,02 meters. Then to overcome the runoff water that inundates the haul road during rainy weather, it is necessary to make several drainage channels.

Keywords: Evaluation, Haul Road Geometry, Mine Road, PT. Semen Padang.

1 Pendahuluan

Dalam setiap kegiatan pertambangan yang dilakukan selalu membutuhkan jalan angkut untuk bahan galian yang akan diproduksi. Bahan galian merupakan mineral dalam bentuk aslinya, yang dapat ditambang untuk keperluan manusia. Salah satu bahan galian PT. Semen Padang adalah Batu Kapur sebagai bahan pembuatan semen. Batu kapur atau *limestone* adalah batuan sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan berubah menjadi kalsium karbonat (CaCO_3).^[1] Pembentukan batu kapur sebagian besar terjadi secara organik, dimana unsur karbonat pada organisme laut didegradasikan menjadi unsur yang lebih kecil oleh mikroorganisme mikroskopik, bentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat yang secara

terus menerus mengendap dan mengeras membentuk pegunungan kapur. Batu kapur dapat berwarna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam tergantung dari mineral pengotornya.^[2]

Faktor - faktor yang mempengaruhi kegiatan pengangkutan antara lain kondisi jalan, kondisi peralatan, kondisi cuaca dan lainnya. Kondisi jalan angkut yang baik akan mempertinggi nilai efisiensi dan efektivitas kerja alat angkut serta tingkat keamanannya. Alat angkut tidak bisa beroperasi secara optimal dikarenakan kondisi jalan angkut yang sempit, tanjakan curam, permukaan jalan licin dan lainnya.^[3]

Dari pengamatan yang dilakukan di lapangan pada PT. Semen Padang, ditemukan

adanya beberapa jalan tambang yang tidak memenuhi standar geometri jalan tambang menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Adapun beberapa permasalahan geometri pada jalur angkut adalah lebar jalan yang tidak sesuai dengan ukuran *dump truck* yang digunakan, *superelevasi* / kemiringan pada tikungan mengarah kearah luar tikungan. *Grade* jalan pada tanjakan yang terlalu tinggi dan tidak sesuai dengan *grade* yang ideal. Permukaan jalan yang datar sehingga ditemukan adanya lumpur yang tebal di tengah jalan pada saat hujan karena *cross slope* yang tidak ada.

Dalam proses penambangan terbuka, alat angkut yang digunakan adalah *dump truck*.^[4] PT. Semen Padang (Persero) merencanakan target produksi batu kapur (*Limestone*) bulan Mei 2022 untuk area Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) 4 adalah 978.404 ton/bulan atau 32.613,46 ton/hari. Sedangkan produksi tercapai hanya sebesar 767.350 ton/bulan atau 25.578,33 ton/hari.

Alat angkut yang digunakan pada jalur PNPB 4 sampai dengan *Crusher 6* adalah HD785-7. Adapun kondisi tidak ideal geometri jalan angkut yang ditemukan dari area PNPB 4 menuju *Crusher 6* adalah kondisi lebar jalan lurus yang ditemukan dengan lebar 18,9 meter. Kemudian terdapat tikungan yang lebarnya tidak ideal yang memiliki lebar 22,8 meter. Lalu ditemukannya pada salah satu jalan yang memiliki kemiringan jalan sebesar 21,8%. Kondisi pada beberapa tikungan juga memiliki *superelevasi* yang tidak ideal, ini dapat mempengaruhi jalan alat angkut saat menikung dengan resiko alat angkut bisa tergelincir. *Grade* pada jalan angkut yang diamati juga memiliki kondisi yang tidak ideal. Pada jalan angkut tambang yang diamati, ditemukan *cross slope* yang tidak jelas dan tidak adanya saluran irisan. Hal ini menyebabkan tidak terkontrolnya air limpasan yang dapat membuat jalan licin dan berlumpur.

Faktor yang mempengaruhi tercapainya target produksi adalah lebar jalan, kemiringan jalan yang tidak ideal dan tingginya waktu edar (*hauling*). Maka dari itu, dengan mengevaluasi jalan angkut kita dapat mengetahui kesesuaian dengan kaidah jalan angkut yang ideal dan baik berdasarkan standar jalan angkut tambang. Sehingga jalan angkut menjadi aman dan nyaman untuk dilalui oleh alat angkut dan dapat mendukung target produksi. Target produksi yang diinginkan bisa tercapai jika kondisi jalan sesuai dengan standar yang dapat digunakan dalam produksi.^[5] Faktor geometri jalan

tersebut yang dapat mengganggu kelancaran dan keamanan kegiatan pengangkutan, sehingga menjadi salah satu penyebab target produksi tidak tercapai. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis melakukan penelitian tentang evaluasi geometri jalan angkut tambang PT. Semen Padang dengan judul “Evaluasi Geometri Jalan Angkut Komatsu HD785-7 dari PNPB 4 ke *Crusher 6* Tambang Batu Kapur PT. Semen Padang”, yang nantinya dapat memberikan hasil evaluasi geometri jalan angkut tambang sebagai masukan dan referensi jalan angkut yang ideal untuk mencapai target produksi bagi PT. Semen Padang.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mendapatkan geometri jalan angkut yang aktual dari PNPB 4 ke *Crusher 6* untuk saat ini.
- Mendapatkan kondisi aktual saluran irisan pada jalan angkut dari PNPB 4 ke *Crusher 6*.
- Mendapatkan perbandingan geometri aktual jalan tambang dengan geometri standar jalan tambang dari PNPB 4 ke *Crusher 6*.
- Mendapatkan kondisi saluran irisan aktual pada jalan yang dibandingkan dengan saluran irisan standar dari PNPB 4 ke *Crusher 6*.

2 Kajian Teori

2.1 Daerah Kesempaan Penelitian

Lokasi IUP Operasi Produksi Semen PT. Semen Padang secara administrasi berada di Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis lokasi tambang PT. Semen Padang terletak pada koordinat 10 04' 30" Lintang Selatan sampai dengan 10 06' 30" dan 100 10' 30" BT sampai dengan 100 15' 30" BT. Lokasi tambang PT. Semen Padang meliputi area seluas 260 Hektar.

Lokasi wilayah IUP PT. Semen Padang dapat ditempuh dengan tahap sebagai berikut:

- Dari pusat Kota Padang menuju Kecamatan Lubuk Kilangan Kelurahan Batu Gadang dengan menggunakan jalur darat ditempuh dengan jarak \pm 15 km.
- Dari Kelurahan Batu Gadang Jl. Padang Basi menuju lokasi tambang ditempuh menyusuri jalan sejauh 5 Menit.
- Daerah produksi juga dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat dari lokasi

tambang, dimana kedua lokasi saling bersebelahan.



Gambar 1. Lokasi Kesampaian Daerah

2.2 Fungsi Jalan Angkut

Fungsi jalan angkut tambang adalah untuk menunjang kelancaran kegiatan penambangan khususnya pada kegiatan pengangkutan. Jalan angkut tambang mempunyai karakteristik khusus yang membedakan perlakuan terhadap penanganannya dari pada jalan transportasi umum.

2.3 Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman.^[4]

2.3.1 Lebar Jalan Angkut Kondisi Lurus

Lebar jalan angkut minimum yang dipakai untuk jalur ganda pada jalan lurus didasarkan pada *rule of thumb*, 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.^[6] Untuk menghitung lebar jalan angkut minimum, digunakan Persamaan (1).

$$L_{min} = n \cdot W_t + (n + 1) (0,5 \cdot W_t) \quad (1)$$

Keterangan:

L(min) = lebar jalan angkut minimum (m)

n = jumlah jalur

Wt = lebar alat angkut total, (m)

2.3.2 Lebar Jalan Angkut Kondisi Tikungan

Lebar jalan angkut pada tikungan biasanya dibuat dengan ukuran lebih besar dari pada jalan angkut lurus. Untuk menghitung lebar jalan tikungan minimum digunakan Persamaan (2) dan (3):

$$W_{min} = n (U + F_a + F_b + Z) + C \quad (2)$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + F_a + F_b) \quad (3)$$

Keterangan:

W = lebar jalan angkut pada tikungan (m)

U = jarak jejak roda (m)

F_a = lebar jantai depan (m)

F_b = lebar jantai belakang (m)

Z = lebar bagian tepi jalan (m)

C = jarak antara alat angkut saat bersimpangan (m)

2.3.3 Jari - Jari dan Superelevasi (Kemiringan Jalan Pada Tikungan)

Faktor jari - jari tikungan sangat tergantung dengan kecepatan kendaraan, karena semakin tinggi kecepatan *dump truck* maka semakin besar pula jari - jari tikungan yang dibuat. Untuk menentukan nilai jari - jari tikungan digunakan Persamaan (4).^[3]

$$R = \frac{V_R^2}{127 (e+f)} \rightarrow R_{max} = \frac{V_R^2}{127 (e_{max}+f_{max})} \quad (4)$$

Keterangan:

R = Jari-jari belokan (m)

VR = Kecepatan (km/jam)

E = Angka *superelevasi*

F = gesekan roda (*friction factor*)

Superelevasi adalah kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian *Superelevasi* bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya *sentrifugal* dan untuk mencegah atau menghindari kendaraan tergelincir keluar jalur atau terguling yang dihitung dengan Persamaan (5).

$$e + f = \frac{V^2}{127R} \quad (5)$$

Keterangan:

e = angka *superelevasi*

f = *friction factor*

V = kecepatan (km/jam)

R = jari-jari tikungan (m)

2.3.4 Kemiringan Jalan Angkut (Grade)

Jalan angkut menanjak atau menurun dikategorikan dalam kemiringan jalan angkut, yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian jalur jalan. Kemiringan jalan mempengaruhi kemampuan alat angkut dalam pengereman dan mengatasi tanjakan. Sudut kemiringan jalan dinyatakan dalam persen. *Grade* dihitung dengan menggunakan Persamaan (6).

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (6)$$

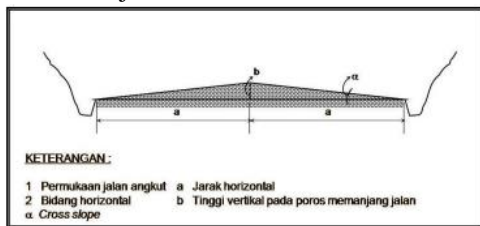
Keterangan:

Δh : Beda tinggi antara dua titik segmen yang diukur (m).

Δx : Jarak datar antara dua titik segmen jalan diukur (m).

2.3.5 Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Cross slope merupakan sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan horizontal dengan satuan mm/m atau m/m. Nilai yang umum dari kemiringan melintang (*cross slope*) yang direkomendasikan adalah sebesar 20-40 mm/m, dan jarak bagian tepi jalan ke bagian tengah atau pusat jalan disesuaikan dengan kondisi yang ada. Penting untuk membuat penampang melintang pada jalan angkut karena air yang menggenang pada permukaan jalan angkut tambang akan membahayakan kendaraan yang lewat dan mempercepat kerusakan jalan.



Gambar 2. Penampang Melintang Jalan Angkut

2.3.6 Saluran Irisan (Drainase)

Saluran irisan atau pipa saluran merupakan struktur untuk menyalurkan limpahan air hujan agar kegiatan operasional dump truck dapat bekerja dengan aman dan optimal. Saluran irisan merupakan faktor pendukung yang penting pada geometri jalan angkut, karena sangat mempengaruhi kondisi jalan angkut, genangan air hujan maupun air limpasan yang ada di jalan angkut harus ditanggulangi. Adanya genangan air atau limpasan air di jalan angkut tambang akan mempercepat kerusakan pada jalan dan menambah frekuensi perawatan jalan angkut.

2.3.7 Fasilitas Pendukung Kelancaran dan Keselamatan Kerja

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

- Jarak Pandang Pengemudi

- Jarak Pandang Horizontal
- Jarak Pandang Vertikal
- Jarak Berhenti Kendaraan
- Rambu – rambu pada Jalan Angkut
- Lampu Penerangan
- Tanggul Pengaman (*Safety Berms*)
- Parit (*Trench*).^[4]

3 Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan kegunaan tertentu.^[7] Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu.^[8] Berdasarkan hal tersebut terdapat empat kata kunci yang perlu diperhatikan yaitu cara ilmiah, data, tujuan dan kegunaan.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk menyelidiki keadaan, kondisi atau hal lain-lain yang sudah disebutkan, yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian.^[8] Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jalan alat angkut serta geometri jalan yang real dan geometri jalan yang ideal sesuai dengan spesifikasi alat angkut pada PT Semen Padang. Berdasarkan penelitian ini, penulis menggunakan jenis penelitian terapan.

3.2 Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah geometri jalan angkut dari PNBP 4 ke *Crusher* 6 Tambang Batu Kapur PT. Semen Padang. Dengan mengetahui data lebar jalan, kemiringan, *grade*, *cross slope*, dan jari – jari tikungan, maka dapat dievaluasi bagaimana jalan angkut yang ideal untuk jalur Komatsu HD785-7 di PT. Semen Padang.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk membantu terlaksananya penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini digunakan alat meteran untuk mengukur lebar jalan lurus dan jalan tikungan pada jalur angkut. Kemudian pada pengambilan data kemiringan jalan dan data *superelevasi* menggunakan *waterpass*. Dalam pengambilan data jari-jari belokan untuk mencari sudut pada roda ban dengan pengukuran

menggunakan busur dengan memutar roda ban pada *dump truck*.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Studi Literatur

Studi Literatur merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku – buku, majalah yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian.^[9] Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian yang berkaitan dengan perusahaan dan kegiatan penelitian.

3.4.2 Pengamatan Langsung di Lapangan

Penelitian juga dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan yang dilakukan berupa pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan pengamatan terhadap kondisi geometri di jalan angkut alat Komatsu HD785-7 area pertambangan perusahaan, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur perusahaan.

3.4.3 Pengumpulan Data

• Data Primer

Data primer diperoleh menggunakan teknik pengamatan langsung (observasi) dan wawancara terhadap beberapa pihak yang mengetahui kondisi geometri jalan angkut dan yang bertanggung jawab terhadap alat angkut Komatsu HD785-7 di PT. Semen Padang. Adapun data yang akan diambil adalah sebagai berikut:

- Jarak tempuh jalan angkut dari PNB 4 ke *Crusher 6*
- Lebar jalan angkut pada jalan lurus dan tikungan
- Jari – jari tikungan dan *superelevasi*
- *Grade* jalan angkut
- Saluran irisan jalan angkut

• Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperlukan untuk mendukung ke absahan data. Data ini bersumber langsung dari perusahaan yang menjadi obyek penelitian. Data sekunder dalam penelitian ini adalah profil perusahaan, dokumen atau informasi pendukung lainnya, peta jalan angkut yang dievaluasi, peta IUP

PT. Semen Padang, spesifikasi alat angkut Komatsu HD875-7.

3.4.4 Pengolahan Data

Proses pengambilan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil data dari berbagai sumber terkait geometri jalan angkut, alat angkut Komatsu HD785-7, data kemiringan dan lebar jalan angkut dari PNB 4 ke *Crusher 6* Tambang Batu Kapur di PT. Semen Padang. Teknik pengolahan data geometri jalan angkut yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Lebar jalan
 - Lebar jalan pada kondisi lurus (mengacu persamaan (1)).
 - Lebar jalan pada tikungan (mengacu persamaan (2) dan (3)).
- Jari-jari dan *superelevasi* (mengacu persamaan (4) dan (5)).
- Kemiringan jalan produksi dan *grade* (mengacu persamaan (5)).

Hasil dari pengumpulan data yang telah didapatkan tersebut berupa data dari observasi di lokasi penambangan. Dan dari hasil observasi akan didapatkan data-data yang akan diolah secara sistematis dengan metode yang telah ditentukan agar dapat digunakan sebagai bahan analisis dalam mendapatkan hasil evaluasi geometri jalan angkut Komatsu HD785-7 dari PNB 4 ke *Crusher 6* Tambang Batu Kapur PT. Semen Padang.

4 Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Data yang akan digunakan pada tahap analisis penelitian ini terdiri dari dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer akan diolah menggunakan rumus untuk menentukan standarisasi jalan angkut yang ideal kemudian hasil dari pengolahan data akan dibandingkan dengan nilai standar geometri jalan angkut menurut AASHTO. Lalu data sekunder akan dijadikan referensi analisis terhadap kondisi geometri jalan angkut dari PNB 4 ke *Crusher 6* PT. Semen Padang.

4.1.1 Geometri Jalan Angkut

Melalui observasi yang dilakukan pada jalur angkut PT. Semen Padang dari PNB 4 menuju *Crusher 6*, dan alat angkut yang diamati yaitu *Dump Truck* Komatsu HD785-7

yang memiliki dimensi 6,885 m, dengan panjang jalur lintasan yang dilewati alat angkut yaitu $\pm 1,550$ meter. Lintasan jalur angkut dibagi menjadi 31 segmen jalan yang memiliki 4 tikungan di sepanjang lintasan yang memiliki kondisi menurun.

Hasil pengambilan data koordinat mulai dari titik awal yaitu segmen satu di area PNBP 4 sampai dengan titik akhir yaitu segmen 31 di area *Crusher* 6 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Koordinat Segmen

Segmen	Koordinat Titik X	Koordinat Titik Y	Elevasi (Z)
Segmen 1	664687	664684	9891492
Segmen 2	664684	664679	9891490
Segmen 3	664633	664636	9891483
Segmen 4	664588	664598	9891492
Segmen 5	664538	664547	9891516
Segmen 6	664509	664497	9891527
Segmen 7	664516	664510	9891488
Segmen 8	664554	664532	9891460
Segmen 9	664520	664522	9891432
Segmen 10	664470	664475	9891423
Segmen 11	664435	664450	9891450
Segmen 12	664408	664428	9891494
Segmen 13	664385	664402	9891535
Segmen 14	664346	664389	9891572
Segmen 15	664357	664395	9891618
Segmen 16	664365	664385	9891667
Segmen 17	664343	664344	9891715
Segmen 18	664323	664350	9891755
Segmen 19	664305	664335	9891801
Segmen 20	664293	664218	9891852
Segmen 21	664297	664327	9891903
Segmen 22	664312	664333	9891950
Segmen 23	664315	664341	9891999
Segmen 24	664299	664345	9892040
Segmen 26	664212	664203	9891991
Segmen 26	664212	664203	9891991
Segmen 27	664187	664170	9891947
Segmen 28	664160	664146	9891904
Segmen 29	664136	664120	9891860
Segmen 30	664105	664087	9891825
Segmen 31	664078	664060	9891777

4.1.2 Lebar Jalan Lurus

Pada pengambilan data terhadap kondisi lebar jalan angkut yang digunakan oleh *dump truck* sebagai jalur dua arah diperoleh hasil pengukuran yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Lebar Jalan Lurus

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)	Keterangan
1	Segmen 1	26	Digunakan dua arah
2	Segmen 2	19.7	Digunakan dua arah
3	Segmen 3	15.5	Digunakan dua arah
4	Segmen 5	18.6	Digunakan dua arah
5	Segmen 7	21	Digunakan dua arah
6	Segmen 8	18.4	Digunakan dua arah
7	Segmen 9	15.1	Digunakan dua arah
8	Segmen 10	14.4	Digunakan dua arah
9	Segmen 11	22.2	Digunakan dua arah
10	Segmen 13	22	Digunakan dua arah
11	Segmen 14	21.4	Digunakan dua arah
12	Segmen 15	29	Digunakan dua arah
13	Segmen 16	22.2	Digunakan dua arah
14	Segmen 17	23	Digunakan dua arah
15	Segmen 18	30.5	Digunakan dua arah
16	Segmen 19	28	Digunakan dua arah
17	Segmen 20	22.7	Digunakan dua arah
18	Segmen 21	27.6	Digunakan dua arah
19	Segmen 22	22.3	Digunakan dua arah
20	Segmen 23	24	Digunakan dua arah
21	Segmen 25	21.9	Digunakan dua arah
22	Segmen 26	14.2	Digunakan dua arah
23	Segmen 27	16.7	Digunakan dua arah
24	Segmen 28	19.5	Digunakan dua arah
25	Segmen 29	23	Digunakan dua arah
26	Segmen 30	19.3	Digunakan dua arah
27	Segmen 31	20.7	Digunakan dua arah

4.1.3 Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan angkut pada kondisi tikungan pada lintasan jalur angkut dari PNBP 4 ke *Crusher* 6 dapat dilihat datanya pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Lebar Jalan Tikungan

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)	Keterangan
1	Segmen 4	26.6	Digunakan dua arah
2	Segmen 6	22.8	Digunakan dua arah
3	Segmen 12	42.6	Digunakan dua arah
4	Segmen 24	38.5	Digunakan dua arah

4.1.4 Kemiringan Jalan Angkut (Grade)

Kemiringan jalan angkut pada lintasan jalur angkut dari PNBP 4 ke *Crusher* 6 dapat dilihat datanya pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Kemiringan Jalan

Segmen	Jarak (m)	Elevasi (dpl)	Beda Tinggi (Δh)	Grade
S1-S3	112,5	644	643	1
S3-S5	97,5	643	631	12
S5-S7	105,2	631	614	17
S7-S9	94,8	614	604	10
S9-S11	92,8	604	591	13
S11-S13	103,5	591	575	16
S13-S15	99,7	575	563	12
S15-S17	102,3	563	550	13
S17-S19	97,4	550	540	10
S19-S21	100,9	540	518	22
S21-S23	103,8	518	508	10
S23-S25	99,7	508	495	13
S25-S27	98,3	495	477	18
S27-S29	96,9	477	467	10
S29-S31	101,6	467	455	12

4.1.5 Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Hasil beda tinggi *Cross Slope* pada lintasan jalur angkut dari PNBP 4 ke *Crusher* 6 dapat dilihat datanya pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Kemiringan Melintang Jalan Angkut

Segmen	Lebar Jalan (m)	$\frac{1}{2}$ Lebar Jalan (m)	Cross Slope	
			Beda Tinggi Kiri (cm)	Beda Tinggi Kanan (cm)
Segmen 1	26	13	8	6
Segmen 2	19,7	9,85	9	19
Segmen 3	15,5	7,75	5	3,8
Segmen 4	26,6	13,3	8	4
Segmen 5	18,6	9,3	10	3
Segmen 6	22,8	11,4	5	3
Segmen 7	21	10,5	5	3
Segmen 8	18,4	9,2	12	10
Segmen 9	15,1	7,55	10	12
Segmen 10	14,4	7,2	6	2,9
Segmen 11	22,2	11,1	12	12
Segmen 12	42,6	21,3	8	6
Segmen 13	22	11	10	13
Segmen 14	21,4	10,7	6	6
Segmen 15	29	14,4	10	8
Segmen 16	22,2	11,1	13	10
Segmen 17	23	11,5	5	6
Segmen 18	30,5	15,25	1	3
Segmen 19	28	14	8	7
Segmen 20	22,7	11,35	3,4	3,4
Segmen 21	27,6	13,8	9	9
Segmen 22	22,3	11,15	7	13
Segmen 23	24	12	5	7
Segmen 24	38,5	19,25	11	11
Segmen 26	21,9	10,95	3,9	2,6
Segmen 26	14,2	7,1	9,1	9,1
Segmen 27	16,7	8,35	9,6	9,6
Segmen 28	19,5	9,75	4,9	3,9
Segmen 29	23	11,5	16	8
Segmen 30	19,3	9,65	3,3	1,6
Segmen 31	20,7	10,35	8,5	8,5

4.1.6 *Superelevasi dan Jari – Jari Tikungan*

Jari – jari tikungan adalah nilai yang membatasi besar kelengkungan untuk kecepatan rencana tertentu. Jari – jari tikungan (R), ditentukan dari besar *superelevasi* maksimum dan faktor gesekan samping maksimum yang dipilih sesuai kecepatan rencana yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (4), sedangkan angka *superelevasi* dapat ditentukan menggunakan Persamaan (5). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jari – Jari Tikungan dan *Superelevasi*

Segmen	<i>Superelevasi</i>	Jari – jari tikungan (R)	V
Segmen 4	0	23,5 m	25 Km/h
Segmen 6	0	35,6 m	30 Km/h
Segmen 12	0	59 m	40 Km/h
Segmen 24	0,129	26 m	25 Km/h

4.1.7 *Saluran Irisan (Drainase)*

Setelah dilakukan pengamatan pada kondisi lintasan jalan angkut dari PNB 4 hingga ke *Crusher* 6, ditemukan ketidakjelasan terhadap kondisi saluran irisan (drainase). Kondisi aktual jalan angkut terlihat tidak memiliki saluran irisan untuk mengalirkan air limpasan (*runoff*) ketika cuaca hujan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 *Geometri Jalan Angkut*

Data dari faktor - faktor yang mempengaruhi geometri jalan tambang kemudian dianalisa dalam penelitian ini untuk kelancaran kegiatan pengangkutan material tambang. Adapun faktor – faktor yang dianalisa yaitu: kondisi jalan lurus, kondisi jalan tikungan, kemiringan jalan (*grade*), *superelevasi*, dan penampang melintang (*Cross slope*).

4.2.2 *Lebar Jalan Lurus*

Lebar jalan angkut pada kondisi lurus (*road hauling*) minimum ditentukan berdasarkan teori AASTHO *Manual High Way Design*. Lebar jalur angkut dengan jalur ganda dihitung dengan Persamaan (1).

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

$$L_{min} = 2 \cdot 5,150 \text{ m} + (2+1) \cdot (\frac{1}{2} \cdot 5,150 \text{ m})$$

$$L_{min} = 10,3 \text{ m} + (3) \cdot (2,575 \text{ m})$$

$$L_{min} = 18,025 \text{ m}$$

Perbandingan dan penambahan lebar jalan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Lebar Jalan Lurus dengan Perhitungan Teori

Segmen	Lebar jalan Minimum (m)	Lebar jalan Akutal (m)	Penambahan Lebar jalan (m)
Segmen 1	18,025	26	Ideal
Segmen 2	18,025	19,7	Ideal
Segmen 3	18,025	15,5	2,525
Segmen 5	18,025	18,6	Ideal
Segmen 7	18,025	21	Ideal
Segmen 8	18,025	18,4	Ideal
Segmen 9	18,025	15,1	2,925
Segmen 10	18,025	14,4	3,625
Segmen 11	18,025	22,2	Ideal
Segmen 13	18,025	22	Ideal
Segmen 14	18,025	21,4	Ideal
Segmen 15	18,025	29	Ideal
Segmen 16	18,025	22,2	Ideal
Segmen 17	18,025	23	Ideal
Segmen 18	18,025	30,5	Ideal
Segmen 19	18,025	28	Ideal
Segmen 20	18,025	22,7	Ideal
Segmen 21	18,025	27,6	Ideal
Segmen 22	18,025	22,3	Ideal
Segmen 23	18,025	24	Ideal
Segmen 25	18,025	21,9	Ideal
Segmen 26	18,025	14,2	3,425
Segmen 27	18,025	16,7	1,325
Segmen 28	18,025	19,5	Ideal
Segmen 29	18,025	23	Ideal
Segmen 30	18,025	19,3	Ideal
Segmen 31	18,025	20,7	Ideal

4.2.3 *Lebar Jalan Tikungan*

Lebar jalan angkut pada kondisi tikungan minimum berdasarkan standar AASTHO *Manual High Way Design*, dapat dilihat pada Persamaan (2) dan Persamaan (3). Hasil perhitungan menggunakan persamaan rumus, diperoleh data lebar jalan tikungan yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Jalan Tikungan

Segmen	Lebar jalan Minimum (m)	Lebar jalan Akutal (m)	Penambahan Lebar jalan (m)
Segmen 4	26,154	26,6	Ideal
Segmen 6	26,154	22,8	3,354
Segmen 12	26,154	42,6	Ideal
Segmen 24	26,154	38,5	Ideal

Banyak tikungan pada jalan angkut tambang dari PNB 4 adalah empat buah tikungan, dan standar lebar tikungan adalah sebesar 26,154 meter. Berdasarkan data Tabel 10, ditemukan masih ada lebar tikungan yang belum memenuhi standar, yaitu pada segmen 6. Maka dari itu, perlu dilakukannya penambahan lebar jalan tikungan sesuai dengan standar rekomendasi.

4.2.4 *Superelevasi dan Jari – Jari Tikungan*

Perhitungan dilakukan dengan menghitung beda tinggi antara elevasi luar dan elevasi dalam, kemudian dibagi dengan lebar jalan miring (R). Berdasarkan perhitungan

diperoleh lebar jalan tikungan dengan nilai 26,154 meter. Kemudian untuk mencari jari – jari tikungan, dibutuhkan nilai angka *superelevasi*. Untuk mencari angka *superelevasi* yang sesuai standar, penulis menggunakan referensi berdasarkan angka *superelevasi* yang direkomendasikan oleh Bina Marga.

$\text{tg } \alpha = 0.014$; maka $\alpha = 0,8^\circ$
 $a = R \times \sin \alpha$
 $a = 26,154 \text{ m} \times \sin 0,8$
 $a = 26,154 \text{ m} \times 0,014 = 0,37 \text{ m}$

Dari hasil perhitungan terhadap *superelevasi* dan jari – jari tikungan, maka diperoleh hasil dari perbandingan data aktual dan rekomendasi *superelevasi* dan jari – jari tikungan yang ideal.

Tabel 10. Hasil Perbandingan *Superelevasi*

Segmen	Jari – jari tikungan (r) meter	<i>Superelevasi</i>	<i>Superelevasi</i> Ideal
Segmen 4	23,5	0	0,034
Segmen 6	35,6	0	0,027
Segmen 12	59	0	0,047
Segmen 24	26	0,129	0,014

4.2.5 Kemiringan Jalan Angkut Tambang (Grade)

Berdasarkan pada Kep Men ESDM No.1827 K/30/MEM/2018 nilai kemiringan (*grade*) jalan maksimum berkisar antara 10% sampai dengan 12%. Kemiringan jalan angkut dinyatakan dalam satuan persen (%) yang merupakan beda tinggi setiap seratus satuan panjang jarak mendatar.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Aktual *Grade*

Segmen	Jarak (m)	Elevasi (dpl)	Beda Tinggi (Δh)	Grade	Hasil
S1-S3	112,2	643	644	1	0,08 Ideal
S3-S5	97,5	631	643	12	12,3 Belum Ideal
S5-S7	105,2	614	631	17	16,1 Belum Ideal
S7-S9	94,8	604	614	10	10,5 Ideal
S9-S11	92,8	591	604	13	14 Belum Ideal
S11-S13	103,5	575	591	16	15,4 Belum Ideal
S13-S15	99,7	563	575	12	12 Ideal
S15-S17	102,3	550	563	13	12,7 Belum Ideal
S17-S19	97,4	540	550	10	10,2 Ideal
S19-S21	100,9	518	540	22	21,8 Belum Ideal
S21-S23	103,8	508	518	10	9,6 Ideal
S23-S25	99,7	495	508	13	13 Belum Ideal
S25-S27	98,3	477	495	18	18,3 Belum Ideal
S27-S29	96,9	467	477	10	10,3 Ideal
S29-S31	101,6	455	467	12	11,8 Ideal

Berdasarkan observasi lapangan, ditemukan adanya ruas jalan yang melebihi *grade* jalan ideal, yaitu pada segmen 25-27.

4.2.6 Kemiringan Melintang Jalan Angkut Tambang (Cross Slope)

Jalan tambang yang ideal memiliki kemiringan melintang maksimum 40 mm/m, artinya setiap satu meter lebar jalan angkut, dibuat kemiringan melintang sebesar 20 mm

atau 2%. Nilai *Cross Slope* yang direkomendasikan adalah sebesar 20-40 mm/m, nilai ini adalah jarak dari bagian tepi ke bagian tengah jalan. Pada observasi lapangan, diperoleh lebar yang sesuai standar yaitu 18,025m dengan kondisi lintasan dua jalur. Sehingga dapat diperoleh beda tinggi pada poros jalan angkut adalah sebagai berikut:

Kondisi jalan angkut dua jalur
 $= \frac{1}{2} \times \text{lebar jalan}$
 $= \frac{1}{2} \times 18,025\text{m}$
 $= 9,0125\text{m}$
 Beda tinggi yang harus dibuat adalah pada setiap jalur:
 $= 12,048 \text{ m} \times 20 \text{ mm/m}$
 $= 180 \text{ mm}$
 $= 18 \text{ cm}$

Tabel 12. Hasil Perhitungan Kemiringan Jalan

Segmen	Lebar Jalan (m)	½ Lebar Jalan (m)	Cross Slope		Hasil
			Beda Tinggi Kiri (cm)	Beda Tinggi Kanan (cm)	
Segmen 1	26	13	8	6	Belum Ideal
Segmen 2	19,7	9,85	9	19	Belum Ideal
Segmen 3	15,5	7,75	5	3,8	Belum Ideal
Segmen 4	26,6	13,3	8	4	Belum Ideal
Segmen 5	18,6	9,3	10	3	Belum Ideal
Segmen 6	22,8	11,4	5	3	Belum Ideal
Segmen 7	21	10,5	5	3	Belum Ideal
Segmen 8	18,4	9,2	12	10	Belum Ideal
Segmen 9	15,1	7,55	10	12	Belum Ideal
Segmen 10	14,4	7,2	6	2,9	Belum Ideal
Segmen 11	22,2	11,1	12	12	Belum Ideal
Segmen 12	42,6	21,3	8	6	Belum Ideal
Segmen 13	22	11	10	13	Belum Ideal
Segmen 14	21,4	10,7	6	6	Belum Ideal
Segmen 15	29	14,4	10	8	Belum Ideal
Segmen 16	22,2	11,1	13	10	Belum Ideal
Segmen 17	23	11,5	5	6	Belum Ideal
Segmen 18	30,5	15,25	1	3	Belum Ideal
Segmen 19	28	14	8	7	Belum Ideal
Segmen 20	22,7	11,35	3,4	3,4	Belum Ideal
Segmen 21	27,6	13,8	9	9	Ideal
Segmen 22	22,3	11,15	7	13	Belum Ideal
Segmen 23	24	12	5	7	Belum Ideal
Segmen 24	38,5	19,25	11	11	Belum Ideal
Segmen 25	21,9	10,95	3,9	2,6	Belum Ideal
Segmen 26	14,2	7,1	9,1	9,1	Belum Ideal
Segmen 27	16,7	8,35	9,6	9,6	Belum Ideal
Segmen 28	19,5	9,75	4,9	3,9	Belum Ideal
Segmen 29	23	11,5	16	8	Belum Ideal
Segmen 30	19,3	9,65	3,3	1,6	Belum Ideal
Segmen 31	20,7	10,35	8,5	8,5	Belum Ideal

Tabel 13. Perhitungan Penambahan (Cross Slope)

Segmen	Lebar Jalan (m)	½ Lebar Jalan (m)	Cross slope		Nilai Standar (cm)	Penambahan	
			Beda Tinggi Kiri (cm)	Beda Tinggi Kanan (cm)		Beda Tinggi Kiri (cm)	Beda Tinggi Kanan (cm)
Segmen 1	26	13	8	6	18	1	3
Segmen 2	19,7	9,85	9	19	18	-	-10
Segmen 3	15,5	7,75	5	3,8	18	4	5,2
Segmen 4	26,6	13,3	8	4	18	1	5
Segmen 5	18,6	9,3	10	3	18	-1	6
Segmen 6	22,8	11,4	5	3	18	4	6
Segmen 7	21	10,5	5	3	18	4	6
Segmen 8	18,4	9,2	12	10	18	-3	-1
Segmen 9	15,1	7,55	10	12	18	-1	-3
Segmen 10	14,4	7,2	6	2,9	18	3	6,1
Segmen 11	22,2	11,1	12	12	18	-3	-3
Segmen 12	42,6	21,3	8	6	18	1	9
Segmen 13	22	11	10	13	18	-1	-4
Segmen 14	21,4	10,7	6	6	18	3	3
Segmen 15	29	14,4	10	8	18	-1	1
Segmen 16	22,2	11,1	13	10	18	-4	-1
Segmen 17	23	11,5	5	6	18	4	3
Segmen 18	30,5	15,25	1	3	18	8	6
Segmen 19	28	14	8	7	18	1	2
Segmen 20	22,7	11,35	3,4	3,4	18	5,6	5,6
Segmen 21	27,6	13,8	9	9	18	-	-
Segmen 22	22,3	11,15	7	13	18	2	-4
Segmen 23	24	12	5	7	18	4	2
Segmen 24	38,5	19,25	11	11	18	-2	-2
Segmen 25	21,9	10,95	3,9	2,6	18	5,1	6,4
Segmen 26	14,2	7,1	9,2	9,1	18	-	-
Segmen 27	16,7	8,35	9,6	9,6	18	-	-
Segmen 28	19,5	9,75	4,9	3,9	18	4,1	5,1
Segmen 29	23	11,5	16	8	18	-7	1
Segmen 30	19,3	9,65	3,3	1,6	18	5,7	7,4
Segmen 31	20,7	10,35	8,5	8,5	18	0,5	0,5

Sebagai rekomendasi, peneliti menyarankan perusahaan untuk membuat *Cross Slope* yang benar dan sesuai dengan data Tabel 13.

4.2.7 Saluran Irisan Jalan Angkut

Dari hasil pengamatan lapangan, pada jalan angkut sepanjang lintasan dari PNBP 4 sampai *Crusher* 6, ditemukan ketidakjelasan dari ada atau tidaknya saluran irisan di bagian tepi jalan angkut. Hal ini dapat mempengaruhi kegiatan pengangkutan pada saat hujan, karena jalan angkut akan tergenang air dan berakibat buruk pada kegiatan penambangan khususnya pengangkutan material. Kondisi jalan yang licin dapat beresiko terhadap alat angkut, kegiatan pengangkutan dan merusak badan jalan. Pembuatan saluran irisan pada bagian tepi jalan sangat perlu dilakukan agar air hujan dapat dialirkan dengan baik dan tidak menggenangi jalan.

Tabel 14. Penambahan Saluran Irisan

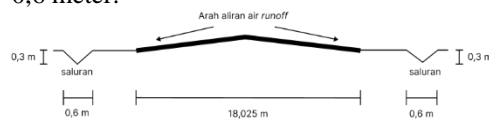
Segmen	Drainase		Penambahan	
	Lebar (m)	Dalam (m)	Lebar (m)	Dalam (m)
Segmen 1	-	-	0,6	0,3
Segmen 2	-	-	0,6	0,3
Segmen 3	-	-	0,6	0,3
Segmen 4	-	-	0,6	0,3
Segmen 5	-	-	0,6	0,3
Segmen 6	-	-	0,6	0,3
Segmen 7	-	-	0,6	0,3
Segmen 8	-	-	0,6	0,3
Segmen 9	-	-	0,6	0,3
Segmen 10	-	-	0,6	0,3
Segmen 11	-	-	0,6	0,3
Segmen 12	-	-	0,6	0,3
Segmen 13	-	-	0,6	0,3
Segmen 14	-	-	0,6	0,3
Segmen 15	-	-	0,6	0,3
Segmen 16	-	-	0,6	0,3
Segmen 17	-	-	0,6	0,3
Segmen 18	-	-	0,6	0,3
Segmen 19	-	-	0,6	0,3
Segmen 20	-	-	0,6	0,3
Segmen 21	-	-	0,6	0,3
Segmen 22	-	-	0,6	0,3
Segmen 23	-	-	0,6	0,3
Segmen 24	-	-	0,6	0,3
Segmen 26	-	-	0,6	0,3
Segmen 26	-	-	0,6	0,3
Segmen 27	-	-	0,6	0,3
Segmen 28	-	-	0,6	0,3
Segmen 29	-	-	0,6	0,3
Segmen 30	-	-	0,6	0,3
Segmen 31	-	-	0,6	0,3

Pada umumnya bentuk saluran drainase berbentuk V, karena mudah untuk dibuat dan dapat digunakan pada beberapa aplikasi tempat serta mudah pemeliharaannya. Beberapa syarat yang sederhana untuk pembuatan saluran drainase adalah:

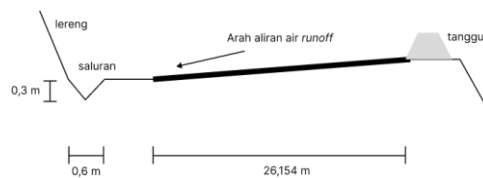
- Lokasi saluran penirisan ditempatkan dikiri kanan jalan atau hanya pada satu sisi luar lereng.
- Sudut saluran yang bersisian dengan jalan haruslah mempunyai perbandingan horizontal vertikal adalah 2:1 atau 4:1.

- Penempatan saluran diharapkan pada daerah yang stabil, hindari bekas daerah urugan.
- Pada jalan yang bersisian dengan lereng, kemiringan jalan mengarah lereng.
- Saluran drainase selalu harus dirawat / dipelihara baik bentuk atau kedalaman sehingga air selalu mengalir dan tidak tumpah ke badan jalan.

Maka dari itu, direkomendasikan bagi perusahaan untuk membuat saluran irisan di sepanjang lintasan jalan angkut dari PNBP 4 hingga ke *Crusher* 6, yaitu dari Segmen 1 sampai dengan Segmen 31. Saluran irisan dibuat dengan kedalaman 0,3 meter dan lebar 0,6 meter.



Gambar 3. Ilustrasi Saluran Irisan Jalan Angkut



Gambar 4. Ilustrasi Saluran Irisan Dengan Lereng

Saluran irisan yang berbentuk V sangat mudah membuatnya, dapat digunakan pada beberapa tempat serta pemeliharaan yang relatif mudah, saluran yang berada di sisi kiri atau kanan jalan angkut diharuskan berfungsi dengan baik agar dapat mengatasi kendala terhadap jalan angkut pada kondisi cuaca hujan, dan perbandingan dimensi yang dapat digunakan pada jalan angkut tambang dari PNBP 4 sampai *Crusher* 6 adalah 2:1.



Gambar 5. Ilustrasi Saluran Drainase Jalan Angkut

5 Kesimpulan

- Keadaan aktual jalan tambang dari PNBP 4 ke *Crusher* 6 dengan panjang lintasan ± 1.550 meter. Rentang lebar jalan kondisi lurus aktual yang didapat berkisar 14,2 m

sampai 30,5 meter dan pada kondisi tikungan berkisar 22,8 meter sampai 38,5 meter. Kemiringan aktual jalan tambang berkisar 0,8 meter sampai 21,8 meter. *Cross slope* (kemiringan melintang) yang aktual pada jalan tambang di dapatkan nilai beda tinggi berkisar dari 0 cm hingga 10 cm. Nilai superelevasi yang aktual di peroleh dari masing – masing tikungan berkisar dari 0 sampai 0,129. Jari – jari tikungan yang aktual pada masing – masing tikungan berkisar 23,5 meter hingga 59 meter.

- Pada hasil pengamatan kondisi jalan angkut yang aktual dari Segmen 1 hingga Segmen 31, ditemukan saluran irisan jalan yang tidak jelas.
- Berdasarkan dari keadaan aktual di jalan angkut dan dibandingkan dengan hasil perhitungan standar, diperoleh kesimpulan bahwa masih ada kondisi jalan aktual yang tidak sesuai dengan standar perhitungan teori. Hasil yang didapatkan dari perhitungan standar lebar jalan pada kondisi lurus adalah 18,025 meter, dan standar lebar jalan pada kondisi tikungan yang ideal adalah 26,154 meter. Pada perbandingan data aktual lapangan dengan data hasil perhitungan *grade*, ditemukan masih ada *grade* jalan yang belum ideal yaitu pada segmen 25-27. Untuk mencapai nilai *cross slope* yang ideal yaitu 2%, maka beda tinggi jalan kiri dan kanan terhadap poros jalan angkut adalah 18 cm. Dari hasil perhitungan *superelevasi* dan jari – jari tikungan, maka diperoleh bahwa keempat segmen tikungan pada jalur angkut dari PNB 4 ke *Crusher* 6 tidak memiliki *superelevasi* yang tidak ideal.
- Saluran irisan yang ideal untuk lintasan jalan angkut dari PNB 4 hingga ke *Crusher* 6, yaitu dari Segmen 1 sampai dengan Segmen 31 dibuat dengan kedalaman 0,3 meter dan lebar 0,6 meter.

Daftar Pustaka

- [1] Fathmaulida, A. 2013. Faktor - Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengolahan Batu Kapur Di Desa Tamansari Kabupaten Karawang. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [2] Yulaekah, S. 2007. Paparan Debu Terhirup Dan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Batu Kapur. Tesis. Pascasarjana UNDIP. Semarang.
- [3] Sukirman, Silvia 1999, Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Bandung: Nova.
- [4] Suwandhi, Awang, (2004), Perencanaan Jalan Tambang, Diktat Perencanaan Tambang Terbuka, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- [5] Muslim, Pelu, M. F. A. R., & Mentari. (2018). Pengaruh Kompetensi Auditor, Tekanan Ketaatan, dan Kompleksitas Tugas Terhadap Audit Judgment. *Bongaya Journal for Research in Accounting*, Vol. 1 No. 2, 08-17, e-ISSN: 2615-8868.
- [6] AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*). Manual Rural High Way Design.
- [7] Darmadi, Hamid. 2013. Metode Penelitian Pendidikan dan Sosial. Bandung: Alfabeta.
- [8] Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [9] Danial dan Wasriah. 2009. *Metode Penulisan Karya Ilmiah*. Bandung: Laboratorium Pendidikan Kewarganegaraan UPI.
- [10] Septian, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis kestabilan lereng jalan tambang di pt. Sumbar calcium pratama jorong atas halaban, nagari halaban, kecamatan lareh sago halaban, kabupaten lima puluh kota, provinsi sumatera barat. *Bina Tambang*, 3(2), 893-903.
- [11] Zara, M., & Prabowo, H. (2020). Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Ansar Terang Crushindo 1Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(5), 20-31.
- [12] Haryati, O. S., Kopa, R., & Prabowo, H. (2018). Pemetaan Kestabilan Lereng Pada Lokasi Penambangan Emas Pit Durian Pt J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. *Bina Tambang*, 3(1), 481-482.