

Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Ansar Terang Crushindo 1 Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

Mutia Zara^{1*}, Heri Prabowo^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*mutia.zara16@gmail.com

**heri.19782000@ft.unp.ac.id

Abstract. The monthly target production PT. Ansar Terang Crushsindo is 20,000 tons / month, while the actual production in November was 15,608.8 tons / month. One of the factors that affect the non-achievement of production targets is the condition of the haul road. Based on observations in the field, there grades above 8%, the width of the haul roads has not met the standards, one of the conveyances must stop and there is no cross slope and safety berm. Based on the measurement of haul road geometry, it is found that the actual road width ranges from 3.68 to 6.2 meters, while theoretically the straight road width is 9 meters. The actual curved road width ranges from 3.54 to 6.4 meters, while the theoretical curved road width is 12.2 meters. actual road grade is from 3.54% to 11.68%. Meanwhile, ideal road grade is 8%. The cross slope value for a road width of 9 meters is 0.04 and a height difference of 17.1 cm. the superelevation value for the bend width of 12.2 meters is 0.04 and the height difference is 48 cm. After being evaluated, there are 5 straight road segments are necessary to add width and 4 segment of road bends, and lower grade in 4 segments. The theoretical production of the Mitsubishi Fuso 250 PS after improving work efficiency and ideal road geometry is 20,713.76 tons / month.

Keywords: Road Geometry, Production, Work Efficiency, Dump Truck, Cyclictime

1 Pendahuluan

PT. Ansar Terang Crushindo adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang usaha pertambangan batu andesit yang berlokasi di Pangkalan Koto Baru Kabupten Lims Puluh Kota, Sumatera Barat. Kegiatan penambangan dilakukan menggunakan sistem penambangan terbuka dan kegiatan pembeaian batuan didominasi oleh kegiatan peledakan dengan area operasional berada pada dua site yaitu ATC 1 dan ATC 2.

Alat gali-muat yang digunakan pada site ATC 1 untuk penggalian lapisan penutup (*overburden*) adalah Excavator Komatsu PC 200. Sedangkan untuk pemuatan batuan andesit alat gali-muat yang digunakan adalah Excavator Komatsu PC 300 yang berkombinasi dengan 7 *Dump Truck* Mitsubishi Fuso 250 PS FN 627.

Pada proses penambangan dengan metode tambang terbuka (*open pit mining*) banyak faktor yang akan mempengaruhi kegiatan penambangan. Salah satu kegiatan penambangan yang dapat mempengaruhi produksi adalah proses pengangkutan (*hauling*). Pada proses pengangkutan ini, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi operasi pengangkutan antara lain, kondisi jalan, kondisi peralatan, kondisi cuaca dan lain sebagainya.

Berdasarkan laporan bulanan PT Ansar Terang Crushindo, produksi batuan belum mencapai target produksi sebesar 20.000 ton dengan realisasi produksi batuan pada bulan November 2019 sebesar 15.608,8 ton dan bulan Desember 2019 sebesar 11.241,23 ton dari target produksi yang ditetapkan perusahaan. Salah satu hal yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi adalah kondisi jalan angkut batuan. Geometri jalan angkut yang baik akan meningkatkan efisiensi kerja alat angkut. Alat angkut tidak dapat beroperasi secara optimal jika

kondisi jalan angkut sempit dan memiliki nilai grade tinggi. Hal ini dapat menyebabkan waktu edar alat angkut bermuatan akan semakin lama dan dapat membahayakan alat angkut kosong, akibatnya produktivitas alat berkurang dan target produksi tidak tercapai.

Di PT Ansar Terang Crushindo site 1 terdapat beberapa kondisi jalan yang belum sesuai dengan standar operasi, sehingga sistem *hauling* tidak bekerja optimal. Hal ini dapat dilihat dari *grade* jalan berkisar 3,54%-11,68%, *grade* jalan yang tinggi menyebabkan *dumptruck* memperlambat kecepatannya baik pada turunan dan tanjakan. Hal ini menyebabkan bertambahnya nilai *cycletime* alat angkut karena terjadinya waktu tunggu untuk *dumptruck* yang bermuatan kosong begitu pula dengan *dumptruck* yang bermuatan. Menggunakan analisis *rimpull* kita dapat mengetahui estimasi waktu edar alat angkut setelah geometri jalan angkut dievaluasi, sehingga didapatkan estimasi produktivitas dari alat angkut tersebut. Dengan memperhatikan kondisi jalan angkut produksi diharapkan dapat meningkatkan nilai efisiensi kerja alat dan tingkat keamanan dari alat terutama *dumptruck* sehingga target produksi dapat optimal. Maka perlu dilakukan kajian teknis mengenai kondisi geometri jalan angkut yang tujuannya adalah untuk memperlancar poses pengangkutan dan juga memberikan rasa aman bagi pengemudi ketika melewati jalan tersebut. Baiknya kondisi jalan angkut akan mempertinggi nilai efisiensi kerja alat dan tingkat keamanan dari alat yang nantinya akan meningkatkan produktivitas.

Oleh karena itu penulis mencoba untuk mengangkat judul tugas akhir “Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Ansar Terang Crushindo 1 Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat”.

2 Kajian Teori

2.1 Deskripsi Perusahaan

2.1.1 Sejarah Perusahaan

Kabupaten Lima Puluh Kota berupaya untuk lebih mengembangkan berbagai sektor pembangunan yang diharapkan dapat meningkatkan perekonomian daerah. Diantaranya dengan memanfaatkan potensi sektor tambang yang diperkirakan mempunyai prospek yang lebih baik untuk meningkatkan perekonomian daerah dan masyarakat.

Untuk menjawab tantangan tersebut PT. Ansar Terang Crushindo tertarik untuk terlibat dalam kegiatan penambangan Batu Andesit yang merupakan salah satu potensi tambang yang ada di Kabupaten Lima Puluh Kota ini. Usaha ini telah mendapatkan respon positif dari Pemerintahan Kabupaten Lima Puluh Kota. Terbukti dengan dikeluarkannya Surat Keputusan Bupati Lima Puluh Kota Nomor : 04/IUP/KPPT-LK/2010.

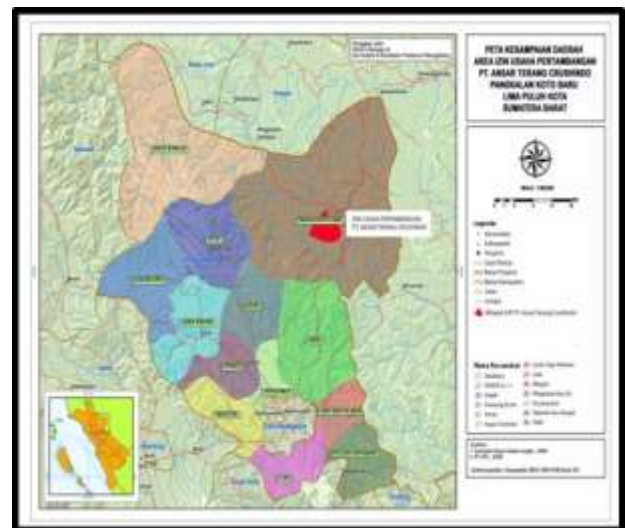
Berdasarkan Surat Keputusan Bupati inilah PT. Ansar Terang Crushindo melakukan kegiatan eksplorasi dan penambangan Batu Andesit seluas 25 Hektar di Jorong Pauah Anok Nagari Manggilang Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota.

2.1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penambangan PT. Ansar Terang Crushindo Secara administratif berada di Jorong Pauh Anok Nagari Pangkalan Kecamatan Pangkalan Koto Baru Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat.

Secara geografis wilayah penambangan PT Ansar Terang Crushindo terletak pada koordinat 100°45'48" BT - 100°46'48" BT dan 00°36'45" LS - 00°37'12"LS. IUP Operasi Produksi PT.Ansar Terang Crushindo dengan luas 20Ha.

Untuk mencapai wilayah Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi PT. Ansar Terang Crushindo dari ibu kota provinsi dapat ditempuh dari Padang ke Payakumbuh dengan jalur transportasi darat ditempuh dengan kendaraan roda empat melalui jalan aspal sejauh ± 135 kilometer dapat ditempuh dalam waktu ± 4 jam. Payakumbuh ke Pangkalan dengan kendaraan roda empat melalui jalan aspal sejauh ± 50 km yang ditempuh dalam waktu ± 1 jam. Mengenai lokasi penambangan PT. Ansar Terang Crushindo dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Kesampaian Daerah^[21]

2.2 Jalan Angkut

Berdasarkan jenisnya jalan terdiri dari jalan tambang, jalan utama, jalan pengupasan, dan 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 atau *road surface*^[2].

Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan

terutama dalam kegiatan pengangkutan^[1] Medan berat yang mungkin terdapat disepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah rancangan jalan untuk meningkatkan aspek manfaat dan keselamatan kerja. Apabila perlu dibuat terowongan (*tunnel*) atau jembatan, maka cara pembuatan dan konstruksinya harus mengikuti aturan-aturan teknik sipil yang berlaku.

2.3 Geometri Jalan Tambang

Geometri jalan angkut yang harus diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya, yaitu: lebar jalan angkut, jari-jari tikungan dan superelevasi, kemiringan jalan, dan *cross slope*.

2.3.1 Lebar Jalan Angkut

- a. Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus
Lebar jalan minimum pada jalan lurus dengan lajur ganda atau lebih menurut Kepmen 1827 K dan *AASHTO Manual Rural High Way Design*, harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan jalan.
- b. Lebar Jalan Angkut pada Belokan (Tikungan)
Lebar jalan angkut pada belokan atau tikungan selalu lebih besar daripada lebar jalan lurus. Untuk lajur ganda, maka lebar jalan minimum pada belokan didasarkan atas^[2]:
 - (a) Lebar jejak ban.
 - (b) Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok.
 - (c) Jarak antar alat angkut atau kendaraan pada saat bersimpangan.
 - (d) Jarak dari kedua tepi jalan.

2.3.2 Jari-Jari Tikungan

Jari-jari tikungan jalan angkut berhubungan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang. Jari-jari belokan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots (1)$$

Dalam pembuatan jalan tikungan, jari-jari tikungan harus dibuat lebih besar daripada jari-jari lintasan alat angkut atau minimal sama.

2.3.3 Superelevasi (Kemiringan Jalan Pada Tikungan)

Hal lain yang tidak bisa diabaikan dalam pembuatan tikungan adalah superelevasi. Superelevasi merupakan kemiringan melintang jalan pada tikungan. Besar superelevasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

2.3.4 Kemiringan Jalan Angkut (Grade)

Kemiringan atau *grade* jalan angkut merupakan salah satu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan tambang tersebut. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dari pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%)^[2]. Kemiringan jalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

2.4 Rimpull

Rimpull (RP) merupakan besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin atau alat tersebut kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalan angkut. Bila *coeficient of traction* cukup tinggi untuk menghindari slip, maka rimpull maksimum adalah fungsi dari *horse power* (tenaga mesin) dan *versenelling* (gear ratio) antara mesin dan roda-rodanya. Tetapi jika slip, maka RP maksimum akan sama dengan besarnya tenaga pada penggerak dikalikan *coeficient of traction*^[8]. Besarnya harga rimpull dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Rimpull = \frac{HP \times 375 \times \text{Effisiensi Mekanis}}{\text{Kecepatan}} \dots\dots\dots (4)$$

2.5 Perhitugnan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Produktivitas alat muat dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{Kb \times Eff \times 3600}{Ct} \dots\dots\dots (5)$$

- Keterangan :
- Q = Produktivitas alat gali muat (Bcm/jam)
 - Kb = Kapasitas *bucket* (*Kb spec.Alat x Faktor Koreksi Bucket x SF*), m³
 - Eff = Effisiensi Kerja
 - Ct = *Cycle Time* (detik)

Produktivitas alat angkut dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{n \times Kb \times Eff \times 3600}{Ct} \dots\dots\dots (6)$$

- Keterangan :
- Q = Produktivitas alat angkut (Bcm/jam)
 - n = Jumlah pengisian
 - Kb = Kapasitas *bucket* (*Kb spec.Alat x Faktor Koreksi Bucket x SF*), m³
 - Eff = Effisiensi Kerja
 - Ct = *Cycle Time*, detik

2.6 Keserasian Alat

Untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat gali-muat dan alat angkut, maka produktivitas alat gali-muat harus sesuai dengan produktivitas alat angkut. Perhitungan keserasian alat dapat dinyatakan dalam formula berikut^[8]:

$$MF = \frac{n \times Na \times Ctm}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- MF = *Match Factor* atau faktor keserasian
- n = Banyak pengisian
- Na = Jumlah alat angkut
- Nm = Jumlah alat muat
- Ctm = *Cycle Time* alat muat
- Cta = *Cycle time* alat angkut

Bila hasil perhitungan diperoleh sebagai berikut:

- a. MF < 1, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
- b. MF = 1, artinya alat muat dan alat angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.
- c. MF > 1, artinya alat muat bekerja 100%, sedang alat angkut bekerja kurang dari 100%, sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut.

2.7 Efektivitas Alat Muat dan Alat Angkut

Menurut Yanto Indonesianto (2010), beberapa pengertian yang dapat menunjukkan keadaan alat mekanis dan efektivitas penggunaannya antara lain^[15] :

2.7.1 Mechanical Availability (MA)

Yaitu persentase alat yang dipengaruhi oleh faktor mekanis seperti ban kempes dan kebocoran oli hidrolik.

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100 \% \dots\dots\dots(8)$$

2.7.2 Physical Availability (PA)

Yaitu persentase ketersediaan alat yang siap digunakan untuk melakukan operasi.

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$

2.7.3 Use of Availability (UA)

Yaitu jam kerja efektif dari unit yang benar-benar melakukan produksi.

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \dots\dots\dots(10)$$

2.7.4 Effective Utilization (EU)

Yaitu persentase waktu yang digunakan oleh suatu alat untuk beroperasi dalam suatu kegiatan kerja atau produksi.

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100 \% \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- a. Waktu repair (R) yaitu waktu perbaikan pada saat jam operasi berlangsung.
- b. Waktu standby (S) yaitu alat yang tidak dipakai pada hal alat tidak rusak sedangkan tambang sedang beroperasi.
- c. Waktu kerja (W) yaitu waktu yang tersedia di perusahaan, waktu alat yang digunakan alat untuk berproduksi sampai akhir operasi.

3 Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang memperoleh data dan informasi dalam bentuk angka, nilai dari proses pengumpulan data, penafsiran data serta penampilan dari hasil akhirnya. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih tanpa membuat perbandingan atau menghubungkan dengan variabel lain^[16].

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan pencarian bahan pustaka terhadap masalah yang akan dibahas meliputi studi tentang analisis mengenai produksi penambangan melalui berbagai percobaan, buku-buku, artikel atau laporan studi yang sudah ada (Julianto, 2014)^[17]. Teori-teori yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas pada penyusunan tugas akhir ini melalui buku, artikel dan beberapa sumber lainnya yang terkait dengan penelitian ini.

3.3 Jadwal dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019-Januari 2020 selama 1 bulan di Tambang terbuka PT. Ansar Terang Crushindo, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat. Lokasi kesampaian daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

3.4 Teknik Pengambilan Data

Data penelitian menggunakan data primer dan data sekunder yang kemudian dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian. Data primer adalah data yang

diperoleh dengan mengambil langsung di lapangan. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data geometri jalan angkut, cycle time, efisiensi kerja, berat muatan alat angkut.. Untuk data sekunder yang merupakan data yang diperoleh langsung dari tempat penelitian yang dilakukan. Adapun data sekunder yang diperlukan yaitu peta IUP perusahaan, peta geologi, peta topografi, spesifikasi excavator dan dumptruck, jam kerja alat angkut.

3.5 Pengolahan Data

Dari pengambilan data yang telah dilakukan baik data primer maupun data sekunder, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu pengolahan data. Dimana tahapan pada pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penentuan segmen jalan angkut dibagi berdasarkan perbedaan kondisi jalan, seperti jalan lurus, tikungan, dan kemiringan.
- b. Pengukuran geometri jalan aktual dilapangan meliputi :
 - 1) Lebar Jalan baik lebar jalan lurus maupun lebar jalan di tikungan diukur menggunakan meteran.
 - 2) Kemiringan (*grade*). Jarak miring jalan diukur menggunakan meteran, sedangkan untuk sudut kemiringan diukur menggunakan kompas geologi.
 - 3) *Cross Slope* dan *Superelevasi* diukur menggunakan meteran untuk jarak dan kompas geologi untuk mengukur sudutnya.
- c. Analisis Geometri Jalan Berdasarkan ketentuan Kepmen 1827 K dan AASHTO. Penentuan lebar jalan didasarkan pada alat angkut terbesar.
- d. Analisis Produktivitas *Dump Truck*
 - 1) Produktivitas Aktual sesuai Kondisi di Lapangan. Perhitungan produktivitas aktual dihitung berdasarkan data *cycle time* alat angkut, jumlah pengisian *bucket*, efisiensi kerja yang didapatkan dari lapangan.
 - 2) Produktivitas Teoritis Setelah Dilakukan Perbaikan Jalan. Setelah dilakukan perbaikan jalan berdasarkan AASHTO maka dihitung produktivitas *dump truck* setelah dilakukan perbaikan. Hal yang berbeda dari perhitungan aktual adalah data *cycle time*. *Cycle time dump truck* setelah perbaikan diitung berdasarkan analisis *rimpull*.

3.6 Analisis Hasil

Hasil yang diperoleh dari simulasi perhitungan pada pengolahan data yang telah dilakukan berupa geometri jalan angkut, produksi aktual, perbaikan geometri jalan angkut produksi, perhitunga produktivitas dan perbaikan efesiansi kerja alat.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan angkut yang dibahas terdiri dari lebar jalan, *grade* (kemiringan jalan), kemiringan melintang (*cross slope*), dan superelevasi. Berikut penjelasan dari masing-masing tersebut:

a. Lebar Jalan Angkut

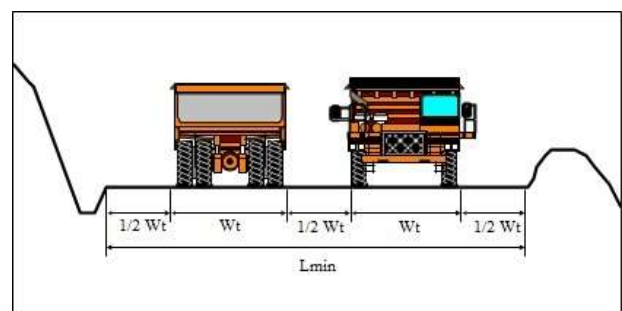
Pengukuran lebar jalan angkut menggunakan meteran yang diukur pada masing-masing segmen dari loading point dan memiliki lebar yang bervariasi. Seperti dapat dilihat dari gambar 2 kondisi jalan lurus di PT. Ansar Terang Crushindo.



Gambar 2. Kondisi jalan dalam keadaan lurus

Perhitungan lebar jalan lurus berbeda dengan jalan tikungan karena lebar jalan tikungan lebih besar dari pada lebar jalan lurus. Perhitungan lebar jalan lurus dapat menggunakan rumus berikut^[1].

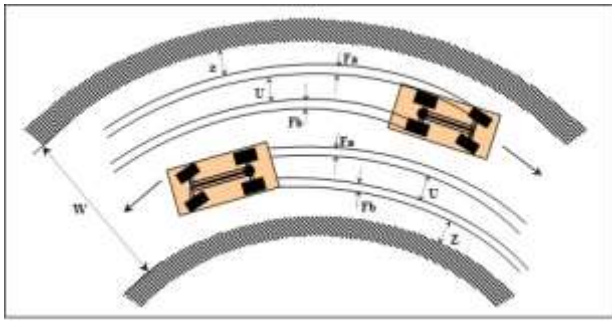
$$L_{min} = n \cdot W_t + (n + 1) \left(\frac{1}{2} W_t\right) \dots \dots \dots (12)$$



Gambar 3. Lebar jalan angkut dua jalur pada jalan lurus^[2]

Adapun perhitungan untuk lebar jalan minimum pada tikungan adalah :

$$W_{min} = 2(U + Fa + Fb + Z) + C \dots \dots \dots (13)$$



Gambar 4. Lebar Jalan Angkut Dua Lajur pada Tikungan^[2]

Lebar jalan angkut lurus maupun tikungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Lebar Jalan Angkut Lurus dan Tikungan

No.	Segmen Jalan		Panjang Jalan(m)	Lebar(m)	
	Isi	Kosong		Lurus	Tikungan
1	LP-A	A-LP	42.6	4.33	-
2	A'-B'	B'-A'	28.29	-	3.54
3	B-C	C-B	26.4	3.68	-
4	C'-D'	D'-C'	23.9	-	4.27
5	D-E	E-D	94.8	4.35	-
6	E'-F'	F'-E'	47.9	-	6.4
7	F-G	G-F	125.2	3.9	-
8	G'-H'	H'-G'	23.3	-	4.9
9	H-I	I-H	53.7	6.2	-
Jumlah			466.09		

b. Kemiringan Jalan (*Grade*)

Kemiringan jalan angkut produksi merupakan salah satu factor yang berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut dalam operasi pengangkutan. Kemiringan jalan angkut dinyatakan dalam persen (%) yang merupakan beda tinggi dengan jarak mendatar. Tanda minus (-) menandakan turunan pada jalan produksi^{[1][6]}.

Perhitungan untuk kemiringan jalan dapat menggunakan rumus berikut :

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

Kemiringan jalan aktual dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2. Kemiringan Jalan Angkut Isi Aktual

No.	Isi	Panjang Jalan(m)	Beda Tinggi(m)	Jarak Horizontal(m)	Kemiringan Aktual(%)
1	LP-A	42.6	2	42.55	4.70
2	A'-B'	28.29	1	28.27	3.54
3	B-C	26.4	1	26.38	-3.79
4	C'-D'	23.9	2	23.82	8.40
5	D-E	94.8	11	94.16	11.68
6	E'-F'	47.9	5	47.64	10.50
7	F-G	125.2	8	124.94	6.40
8	G'-H'	23.3	2	23.21	-8.62
9	H-I	53.7	3	53.62	-5.60

Tabel 3. Kemiringan Jalan Angkut Kosong Aktual

No.	Isi	Panjang Jalan(m)	Beda Tinggi(m)	Jarak Horizontal(m)	Kemiringan Aktual(%)
1	LP-A	42.6	2	42.55	-4.70
2	A'-B'	28.29	1	28.27	-3.54
3	B-C	26.4	1	26.38	3.79
4	C'-D'	23.9	2	23.82	-8.40
5	D-E	94.8	11	94.16	-11.68
6	E'-F'	47.9	5	47.64	-10.50
7	F-G	125.2	8	124.94	-6.40
8	G'-H'	23.3	2	23.21	8.62
9	H-I	53.7	3	53.62	5.60

c. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Kemiringan jalan sangat berpengaruh terhadap system pengairan di permukaan jalan terutama saat hujan. Jalan produksi yang baik memiliki kemiringan melintang (*cross slope*) 20 mm/m sampai 40 mm/m^{[1][3]}. Dari hasil pengamatan di lapangan, rata-rata jalan angkut produksi PT. ATC tidak memiliki kemiringan melintang (*cross slope*).

d. Superelevasi

Superelevasi merupakan kemiringan badan jalan pada tikungan. Superelevasi bertujuan untuk membantu kendaraan mengatasi tikungan sehingga alat angkut tidak tergelincir pada saat melewati tikungan dengan kecepatan yang maksimum. Perhitungan superelevasi digunakan untuk mencari beda tinggi antara sisi luar tikungan dan sisi dalam tikungan^{[8][7]}.

4.1.2 Alat Gali Muat

Alat gali muat yang digunakan untuk penambangan batu andesit di PT. Ansar Terang Crushindo adalah Excavator Komatsu PC-300 dengan jumlah alat gali muat 1 unit dan melayani 7 dumptruck dan memiliki cyletime rata-rata 0,47 menit.

4.1.3 Alat Angkut

Alat angkut yang digunakan untuk pengangkutan batu andesit dari loading point ke crusher adalah Mitsubishi Fuso 250 PS 627 FN. Jumlah dumptruck yang yang beroperasi sebanyak 7 unit. Dari pengamatan di lapangan, diketahui cyletime dumptruck rata-rata 45,2 menit.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Geometri Jalan Angkut

a. Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan angkut tambang didasarkan pada jumlah jalur dan unit alat angkut dengan ukuran paling besar yang beroperasi pada jalan angkut tersebut^{[2][3]}. Alat angkut terbesar yang digunakan yaitu Mitsubishi Fuso 250 PS FN 627 dengan lebar alat 2.45 meter dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Alat Angkut Mitsubishi Fuso 250 PS

Jika 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^[1]:

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

Maka lebar jalan minimum untuk 2 jalur adalah:

$$\begin{aligned} L_{min} &= 2 \times 2,45 \text{ m} + (2+1) \times (1/2 \times 2,45) \\ &= 4,9 \text{ m} + 3,675 \text{ m} \\ &= 8,575 \text{ m} = 9 \text{ meter} \end{aligned}$$

b. Lebar Jalan Tikungan

Alat angkut yang penulis amati untuk menghitung lebar jalan tikungan yaitu Mitsubishi Fuso 250 PS 627 FN sebagai unit terbesar di jalan angkut tersebut.

Diketahui:

Sudut penyimpangan roda depan = 45°

Tabel 4. Koreksi Kemiringan Jalan Angkut

No.	Isi	Panjang Jalan(m)	Beda Tinggi(m)	Jarak Horizontal(m)	Kemiringan Aktual(%)	Kemiringan Ideal(%)	Koreksi
1	LP-A	42.6	2	42.55	4.70	8	Ideal
2	A'-B'	28.29	1	28.27	3.54	8	Ideal
3	B-C	26.4	1	26.38	3.79	8	Ideal
4	C'-D'	23.9	2	23.82	8.40	8	-0.4
5	D-E	94.8	11	94.16	11.68	8	-3.68
6	E'-F'	47.9	5	47.64	10.50	8	-2.5
7	F-G	125.2	8	124.94	6.40	8	Ideal
8	G'-H'	23.3	2	23.21	8.62	8	-0.62
9	H-I	53.7	3	53.62	5.60	8	Ideal

d. Superelevasi

Superelevasi bertujuan untuk membantu kendaraan dalam mengatasi gaya sentrifugal pada saat melewati tikungan. Dengan adanya superelevasi diharapkan alat angkut tidak tergelincir pada saat melewati tikungan^[8]. Angka superelevasi yang dianjurkan untuk mengatasi tikungan jalan di PT Ansar Terang Crushindo dengan kecepatan maksimal 20 km/jam dan lebar jalan tikungan 12,2 meter adalah 0,04. Sehingga beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 0,48 meter atau 48 cm.

e. Kemiringan Melintang

Jalan produksi yang baik memiliki kemiringan jalan melintang 20mm/m sampai 40 mm/m^[2]. Untuk

Jarak as roda depan dengan bagian depan (A_d)= 1,45 meter
 Jarak as roda belakang dengan bagian belakang (A_b)= 1,80 meter
 Lebar jejak roda = 1,2 meter

Maka:

$$F_a = 1,45 \sin 45^\circ = 1,02 \text{ meter}$$

$$F_b = 1,80 \sin 45^\circ = 1,27 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} C = Z &= 0,5 (1,2\text{m} + 1,02\text{m} + 1,27\text{m}) \\ &= 1,745 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W(\text{m}) &= 2 (1,2\text{m} + 1,02\text{m} + 1,27\text{m} + 1,745\text{m}) + 1,745\text{m} \\ &= 12,2 \text{ meter} \end{aligned}$$

c. Kemiringan Jalan(Grade)

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. Grade (kemiringan) jalan angkut dapat berupa jalan menanjak ataupun jalan menurun, yang disebabkan perbedaan ketinggian pada jalur jalan^{[3][4][6]}.

Koreksi kemiringan jalan angkut andesit di PT Ansar Terang Crushindo dapat dilihat pada tabel berikut:

perhitungan *cross slope* dapat dilihat pada lampiran B dan hasil perhitungan *cross slope* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai *cross slope* teoritis

Lebar (m)	1/2 Lebar (m)	Standar (mm/m)	Beda tinggi (mm)
8,575	4,28	40	171

Jadi, beda tinggi yang harus dibuat dengan lebar jalan lurus sebesar 8,57 meter adalah 171 mm atau 17 cm.

4.2.2 Produksi Pengangkutan Andesit

a. Produksi alat angkut aktual sebelum perbaikan jalan Jumlah alat angkut yang beroperasi setiap harinya adalah 7 unit. Produksi aktual alat angkut Mitsubishi Fuso 250 PS yang berkombinasi dengan Excavator Komatsu PC 300 dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Produksi alat angkut aktual

Produktivitas Dumptruck Aktual			
Efisiensi Kerja	E	66,64%	
Jumlah DT	M	7	Unit
Produksi per cycle	C	15,84	m ³ /cycle
Jumlah cycle alat	N	11	
kapasitas bucket alat muat	qi	1.8	m ³
Densitas		2.45	ton/m ³
Jam Kerja Efektif		5.33	jam
Faktor bucket	K	0.8	
Cycle time DT	Ctm	2712,43	detik
Swell Factor	SF	0.4	
Produksi	qi	39,23	m ³ /jam
		96,1	ton/jam
		512,25	ton/hari
		15.367,62	ton/bulan

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa produksi aktual Mitsubishi fuso 250 PS belum memenuhi target, yang mana target produksi PT Ansar Terang Crushindo yaitu 20.000 ton/bulan sedangkan secara perhitungan aktual hanya mencapai 15.367,62 ton/bulan.

b. Estimasi Produksi Teoritis Alat Angkut Setelah Evaluasi Geometri Jalan

Perkiraan produksi teoritis merupakan perhitungan produksi alat angkut dumptruck Mitsubishi Fuso 250 PS 627 FN yang berdasarkan pada data kondisi jalan angkut di lapangan, antara lain:

a) Nilai *Rolling Resistance* (RR)

Setelah evaluasi geometri jalan yang ditandai dengan permukaan jalan angkut produksi terpelihara, lebar jalan memenuhi syarat lebar minimum jalan angkut, drainase berfungsi dengan baik dan dilakukan *maintenance* jalan secara intensif sehingga harga *rolling resistance*-nya diasumsikan sebesar 65 lb/ton, yaitu kriteria jalan keras dengan permukaan yang terpelihara baik. Karena setiap alat yang mengalami percepatan akan mendapatkan *rolling resistance* tambahan sebesar 20 lb/ton, sehingga untuk kondisi setelah evaluasi geometri jalan, *rolling*

resistance totalnya adalah 65 lb/ton ditambah 20 lb/ton yaitu 85 lb/ton.

b) Nilai *Grade Resistance* (GR)

Untuk menentukan nilai *grade resistance* setelah evaluasi geometri jalan, maka kita menggunakan kemiringan jalan yang sudah sesuai dengan standar, yaitu 8%. Harga *grade resistance* yaitu 20 lb/ton untuk setiap persen *gradenya*.

c) Perhitungan rimpull

Diketahui:

- Berat *dumptruck* kosong : 12,22 ton
- Berat *dumptruck* bermuatan : 22,5 ton
- Rolling resistance* : 65 lb/ton
- Rimpull* percepatan : 20 lb/ton
- Grade resistance* : 20 lb/ton/% grade

Tabel 7. Rimpull per gear

Gear	Kecepatan (km/jam)	Kecepatan (mph)	HP	Eff. Mekanis	Rimpull (lb)
1	6.11	9.91	246	0.8	7447.023
2	8.77	14.22	246	0.8	5189.873
3	11.8	19.13	246	0.8	3857.815
4	16.2	26.27	246	0.8	2809.288
5	21.77	35.3	246	0.8	2090.652
6	31.16	50.52	246	0.8	1460.808
7	41.77	67.73	246	0.8	1089.621
8	54.04	87.62	246	0.8	842.2735
9	77.28	125.3	246	0.8	588.9864

Perhitungan *rimpull* untuk *rolling resistance* (RR) dan percepatan (a):

$$\begin{aligned} \text{Segmen LP-A} &= \text{Berat Kosong} \times (\text{RR} + a) \\ &= 12,2\text{ton} \times (65\text{lb/ton} + 20\text{lb/ton}) \\ &= 1037 \text{ lb.} \end{aligned}$$

Perhitungan *rimpull* untuk *grade resistance* (GR):

$$\begin{aligned} \text{Segmen LP-A} &= \text{Berat Kosong} \times \text{GR} \\ &= 12,2\text{ton} \times 20 \text{ lb/ton/\%} \times -4,7\% \\ &= -1146,8 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi total *rimpull* adalah 1464 lb + (-1146,8 lb) = -109,8 lb. Gear yang cocok untuk *rimpull* tersebut adalah gear 7. Kecepatan gear 7 adalah 41,77 km/jam dan jarak 0,0426 km, maka waktu tempuh segmen LP-A dalam keadaan kosong adalah 3,6 detik.

Tabel di bawah merupakan perhitungan *rimpull* dan waktu tempuh alat angkut per masing-masing segmen dalam keadaan kosong :

Tabel 8. Rimpull dan waktu tempuh alat angkut persegmen keadaan kosong setelah perbaikan

No.	Segmen	Panjang Jalan		Keterangan	Kemiringan Aktual(%)	RP untuk RR dan a(lb)	RP untuk GR(lb)	Total Rimpull (lb)	Gear	Kecepatan (km/jam)	Waktu	
		m	km								Jam	Detik
1	I-H	53.7	0.0537	Lurus	5.6	1037	1366.4	2403.4	5	21.77	0.00247	8.88011
2	H'-G'	23.3	0.0233	Tikungan	8	1037	1952	2989	4	16.2	0.00144	5.17778
3	G-F	125.2	0.1252	Lurus	-6.4	1037	-1561.6	-524.6	7	41.77	0.003	10.7905
4	F'-E'	47.9	0.0479	Tikungan	-8	1037	-1952	-915	7	41.77	0.00115	4.12832
5	E-D	94.8	0.0948	Lurus	-8	1037	-1952	-915	7	41.77	0.00227	8.17046
6	D'-C'	23.9	0.0239	Tikungan	-8	1037	-1952	-915	7	41.77	0.00057	2.05985
7	C-B	26.4	0.0264	Lurus	3.79	1037	924.76	1961.76	6	31.16	0.00085	3.05006
8	B'-A'	28.29	0.02829	Tikungan	-3.54	1037	-863.76	173.24	7	41.77	0.00068	2.43821
9	A-LP	42.6	0.0426	Lurus	-4.7	1037	-1146.8	-109.8	7	41.77	0.00102	3.67153
Cycletime											48.3668	

Perhitungan rimpull untuk rolling resistance(RR) dan percepatan (a):

$$\begin{aligned} \text{Segmen LP-A} &= \text{Berat bermuatan} \times (\text{RR} + a) \\ &= 33,5 \text{ ton} \times (65 \text{ lb/ton} + 20 \text{ lb/ton}) \\ &= 2847,5 \text{ lb} \end{aligned}$$

Perhitungan rimpull untuk grade resistance (GR):

$$\begin{aligned} \text{Segmen LP-A} &= \text{Berat bermuatan} \times \text{GR} \\ &= 33,5 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton/\%} \times 4,7\% \\ &= 3149 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi total rimpull adalah 2847,5 lb + 3149 lb = 5996,5 lb. Gear yang cocok untuk rimpull tersebut adalah gear 2 dengan kecepatan gear 2 sebesar 8,77 km/jam dan jarak tempuh 0,0426 km maka waktu tempuh segmen LP-A adalah 17,4 detik.

Berikut merupakan tabel perhitungan rimpull dan waktu tempuh persegmen alat angkut dalam keadaan bermuatan setelah perbaikan jalan:

Tabel 9. Rimpull dan waktu tempuh alat angkut bermuatan persegmen setelah perbaikan

No.	Segmen	Panjang Jalan		Keterangan	Kemiringan Aktual(%)	RP untuk RR dan a(lb)	RP untuk GR(lb)	Total Rimpull (lb)	Gear	Kecepatan (km/jam)	Waktu	
		m	km								Jam	Detik
1	LP-A	42.6	0.0426	Lurus	4.70	2847.5	3149.01	5996.51	2	8.77	0.004857	17.4869
2	A'-B'	28.29	0.02829	Tikungan	3.54	2847.5	2369.81	5217.31	2	8.77	0.003226	11.6128
3	B-C	26.4	0.0264	Lurus	-3.79	2847.5	-2539.70	307.80	7	41.77	0.000632	2.2753
4	C'-D'	23.9	0.0239	Tikungan	8.00	2847.5	5360.00	8207.50	1	6.11	0.003912	14.0818
5	D-E	94.8	0.0948	Lurus	8.00	2847.5	5360.00	8207.50	1	6.11	0.015516	55.8560
6	E'-F'	47.9	0.0479	Tikungan	8.00	2847.5	5360.00	8207.50	1	6.11	0.00784	28.2226
7	F-G	125.2	0.1252	Lurus	6.40	2847.5	4289.92	7137.42	1	6.11	0.020491	73.7676
8	G'-H'	23.3	0.0233	Tikungan	-8.00	2847.5	-5360.00	-2512.50	7	41.77	0.000558	2.0081
9	H-I	53.7	0.0537	Lurus	-5.60	2847.5	-3748.87	-901.37	7	41.77	0.001286	4.6282
Cycletime											209.9393	

Berdasarkan perhitungan produksi setelah perbaikan jalan dan menggunakan estimasi waktu edar teoritis alat angkut setelah evaluasi geometri jalan, maka estimasi produksi teoritis alat angkut setelah evaluasi geometri jalan angkut dapat dilihat pada tabel 10 berikut:

Tabel 10. Estimasi produksi alat angkut setelah evaluasi geometri jalan

Produktivitas Dumptruck			
Efisiensi Kerja	E	66,64%	
Jumlah DT	M	7	Unit
Produksi per cycle	C	15,84	m ³ /cycle
Jumlah cycle alat	N	11	
kapasitas bucket alat muat	qi	1.8	m ³
Densitas		2.45	ton/m ³
Jam Kerja Efektif		5.33	jam
Faktor bucket	K	0.8	
Cycle time DT	Ctm	2525.6	detik
Swell Factor	SF	0.4	
Produksi	qi	42.12	m ³ /jam
		103,21	ton/jam
		550,14	ton/hari
		16.504,43	ton/bulan

Dari tabel 10 dapat dilihat bahwa estimasi produksi alat angkut setelah dilakukan evaluasi geometri jalan sebesar 16.504,43 ton/bulan. Jumlah tersebut belum cukup untuk memenuhi target produksi PT Ansar Terang Crushindo sebesar 20.000 ton/bulan. Maka untuk pencapaian target produksi perlu dilakukan evaluasi waktu efisiensi kerja dari alat angkut tersebut.

c. Pencapaian Target Produksi Setelah perbaikan waktu efisiensi Kerja

Setelah dilakukan perbaikan waktu kerja efektif alat angkut dengan memperhatikan waktu *standby* alat yang terdiri dari beberapa waktu hambatan, baik yang dapat dihindari maupun yang tidak dapat dihindari. Waktu hambatan yang dapat dihindari terdiri dari *shift* yang merupakan waktu terlambatnya operator dalam memulai awal *shift*, *prepare* yang merupakan waktu yang digunakan untuk persiapan awal sebelum bekerja, dan *wait operator* yang merupakan waktu yang digunakan untuk keperluan operator. Perbaikan waktu *standby* atau waktu *delay* dapat dilihat pada tabel 11 berikut:

Tabel 11. *Operating Delay/ Standby Hours*

Description	Unit	aktual	Perbaikan
Rainfall	mm/day	0	0
Rain	hours/day	3.1	3.1
Slippery	hours/day	0	0
Haze/Foggy	hours/day	0	0
Pre Use Check	hours/day	0.00	0.00
Tyre Check	hours/day	0.00	0.00
Fueling and Lubricating	hours/day	0.00	0.00
Clean Equipment	hours/day	7.5	7.5
Equipment Move	hours/day	0	0
Wait Survey	hours/day	0	0
Wait Blasting shift	hours/day	2.5	2.5
prepare	hours/day	8.89	2.40
wait operator	hours/day	11.03	7.50
Unoperated (Intern Process)	hours/day	19.44	10.2
Unoperated (Customer Process)	hours/day	0	0
Unoperated (Over Capacity)	hours/day	0	0
Total (Hours/month)		52.46	33.20

Setelah dilakukan perbaikan waktu *delay* atau *standby* alat angkut maka akan didapat efisiensi kerja alat angkut setelah perbaikan sebesar 76%. Dengan efisiensi kerja sebesar 76% maka dapat dihitung estimasi produksi alat angkut teoritis setelah perbaikan geometri jalan dan

perbaikan waktu kerja efektif sebagai pada tabel 12 berikut:

Tabel 12. Estimasi produksi alat angkut setelah perbaikan geometri jalan dan efisiensi kerja alat angkut

Produktivitas Dumptruck			
Efisiensi Kerja	E	74,67%	
Jumlah DT	M	7	Unit
Produksi per cycle	C	15,84	m ³ /cycle
Jumlah cycle alat	N	11	
kapasitas bucket alat muat	qi	1.8	m ³
Densitas		2.45	ton/m ³
Jam Kerja Efektif		5,97	jam
Faktor bucket	K	0.8	
Cycle time DT	Ctm	2525.6	detik
Swell Factor	SF	0.4	
Produksi	qi	47,2	m ³ /jam
		115,65	ton/jam
		690,45	ton/hari
		20,713,76	ton/bulan

Jadi produksi Mitsubishi Fuso 250 PS dengan 7 unit alat setelah dilakukan evaluasi geometri jalan dan perbaikan waktu efisiensi kerja alat adalah sebesar 20.713,76 ton/bulan. Yang berarti sudah memenuhi target produksi bulanan perusahaan sebesar 20.000 ton/bulan.

d. Nilai keserasian alat muat dan alat angkut (*Match Factor*)

Untuk perhitungan *match factor* setelah evaluasi geometri jalan, dengan jumlah unit dumptruck dan excavator yang sama maka didapat nilai keserasian alat sebagai berikut:

Diketahui:

Jumlah alat angkut : 7 unit

Jumlah alat muat : 1 unit

Waktu edar alat angkut : 2525,6 detik

Waktu edar alat muat : 28,4 detik

$$MF = \frac{\text{banyak pengisian} \times \text{jumlah alat angkut} \times CT \text{ alat muat}}{\text{Jumlah alat muat} \times CT \text{ alat angkut}}$$

$$= \frac{11 \times 7 \times 28,4}{1 \times 2525,6}$$

$$= 0,86$$

Jadi setelah dilakukan evaluasi geometri jalan didapat nilai keserasian alat muat dan alat angkut sebesar 0,86 (MF<1). Artinya masih terdapat waktu tunggu dari alat muat.

e. Tanggul pengaman (*safety berm*)

Safety berm yang umum digunakan adalah *safety berm* yang berbentuk *triangular* dengan *slope safety berm* sebesar 1,5:1. Pedoman rancangan untuk pembuatan *safety berm* adalah tingginya harus sama atau lebih besar dari nilai *static rolling radius* (SRR) roda kendaraan. Untuk menghitung besarnya nilai SRR dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SRR = \frac{TH}{2,1}$$

Dari pengamatan dilapangan, tinggi roda (TH) Mitsubishi Fuso 250 PS sebesar 1,1 meter. Sehingga nilai SRR adalah:

$$SRR = \frac{1,1 \text{ meter}}{2,1} = 0,524 \text{ meter}$$

Dengan *slope safety berm* sebesar 1,5:1 maka untuk *safety berm* berbentuk *triangular* didapat dimensi ukuran sebagai berikut:

<i>Slope safety berm</i>	: 1,5:1
Tinggi <i>safety berm</i>	: 0,524 meter
Lebar <i>safety berm</i>	: 0,79 meter

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan pengamatan dan pengukuran dilapangan, geometri aktual jalan angkut batuan di PT. Ansar Terang Crushindo sebagai berikut:
 - Lebar jalan lurus aktual, segmen LP-A = 4,33 meter, segmen B-C = 3,68 meter, segmen D-E = 4,35 meter, segmen F-G = 3,9 meter, segmen H-I = 6,2 meter
 - Lebar jalan tikungan aktual, segmen A'-B' = 3,54 meter, segmen C'-D' = 4,27 meter, segmen E'-F' = 6,4 meter, segmen G'-H' = 4,9 meter.
 - Grade* jalan aktual, segmen LP-A = 4,7%, segmen A'-B' = 3,54%, segmen B-C = 3,79%, segmen C'-D' = 8,4%, segmen D-E = 11,68%, segmen E'-F' = 10,5%, segmen F-G = 6,4%, segmen G'-H' = 8,62%, segmen H-I = 5,6%.
- Berdasarkan perhitungan geometri ideal jalan angkut batu andesit PT. Ansar Terang Crushindo maka diperoleh data sebagai berikut:
 - Lebar jalan lurus secara teoritis adalah 8,57 meter, jadi perlu penambahan lebar jalan untuk segmen LP-A 4, 24, segmen B-C, segmen D-E, segmen F-G, segmen H-I.
 - Lebar jalan tikungan secara teoritis adalah 12,2 meter, perlu penambahan lebar jalan untuk segmen A'-B', segmen C'-D', segmen E'-F', segmen G'-H'.
 - Grade* jalan yang baik secara teoritis sebesar 8%, maka perlu dilakukan pengurangan *grade* pada segmen C'-D', segmen D-E, segmen E'-F', dan segmen G'-H'.
 - Cross slope* secara teoritis dengan lebar jalan teoritis dalam keadaan lurus sebesar 8,57 meter maka beda tinggi yang harus dibuat adalah sebesar 17 cm.
 - Superelevasi* yang harus dibuat untuk lebar jalan tikungan 12,2 meter adalah 0,04 sehingga beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 48 cm.

- Sebelum dilakukan evaluasi geometri jalan, dengan waktu edar aktual alat angkut sebesar 2712,43 detik, didapat produksi alat angkut untuk 7 unit *dumpruck* sebesar 15.367,62 ton/bulan
- Setelah dilakukan evaluasi geometri jalan dan perhitungan analisis *rimpull*, didapat estimasi waktu edar alat angkut secara teoritis sebesar 2525,6 detik. Sehingga estimasi produksi teoritis alat angkut untuk 7 unit *dumpruck* meningkat menjadi 16.504,43 ton/bulan.
- Untuk mencapai target produksi sebesar 20.000 ton/bulan perlu dilakukan perbaikan efisiensi kerja alat sebesar 66,64% dengan mengurangi waktu hambatan yang dapat dihindari, sehingga diperoleh peningkatan efisiensi kerja alat menjadi 74,67%. Dengan meningkatnya efisiensi kerja alat, produksi alat juga meningkat menjadi 20.713,76 ton/bulan dan sudah mencapai target produksi yang telah ditetapkan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain sebagai berikut:

- Perlu dilakukan pelebaran jalan pada setiap segmen yang belum memenuhi standar lebar jalan minimum secara teoritis, baik untuk kondisi jalan lurus maupun tikungan.
- Perlu dilakukan penurunan *grade* jalan angkut minimal sesuai dengan standar yaitu 8%, agar memudahkan alat angkut untuk beroperasi sehingga mengurangi *cycletime* dan meningkatkan produksi.
- Perlunya pembuatan dan perawatan *cross slope* dan *superelevasi* pada jalan angkut agar air hujan dapat mengalir ke saluran drainase jalan.
- Perlu dilakukan perbaikan dan perawatan jalan secara berkala sehingga akan meningkatkan efisiensi kerja dan juga produksi alat angkut.
- Perlu dilakukan peningkatan pengawasan dan kedisiplinan operator untuk meningkatkan efisiensi kerja dan produksi.

Daftar Pustaka

- [1] Aldiyansyah, Jamal Rauf Husain. 2016. Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara pada PT. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. Teknik Pertambangan. Universitas Muslim Indonesia. *Jurnal Geomine*, 3(1), 39-43.
- [2] Awang, Suwandhi. 2004. Perencanaan Jalan Tambang. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka.
- [3] Maharani, F., & Sumarya, S. (2018). Evaluasi Produktivitas Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 PS dari Front Penambangan Menuju Unit Crusher pada Penambangan Batu Andesit PT Koto Alam Sejahtera. *Bina Tambang*, 3(4), 1492-1501.

- [4] Maulana, B. S., & Gusman, M. (2018). Evaluasi Kondisi Jalan Angkut dari Front Penambangan Menuju Rom Stockpile untuk Mencapai Target Produksi 15.000 Ton Batubara Perbulan PT. Prima Dito Nusantara Jobsite KBB Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Bina Tambang*, 3(3), 1174-1184.
- [5] Multriwahyuni, A., Gusman, M., & Anaperta, Y. M. (2018). Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden Di PIT Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi. *Bina Tambang*, 3(4), 1513-1522.
- [6] Nasrul, F. F., & Ansosry, A. (2019). Evaluasi Pengaruh Geometri Hauling Road Batubara Terhadap Produksi Dump Truck Iveco 380 Trakker Dari Pit Sari Menuju Stockpile PT. Adimitra Baratama Nusantara, Sangasanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 4(1), 114-123.
- [7] Oktafian, N., & Sumarya, S. (2018). Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Dump Truck pada Pengangkutan Batubara dari Loading Point ke Stockpile di Site Ampelu PT. Nan Riang Kecamatan Muara Tembesi Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. *Bina Tambang*, 3(4), 1377-1386.
- [8] Partanto, Prodjosumarto. 1996. Pemindahan Tanah Mekanis. Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [9] Putra, R. N., & Kasim, T. (2019). Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Produksi Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Batubara 20000 ton/bulan di Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya (AICJ), Perambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawalunto, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(3), 77-88.
- [10] Putra, W. R. W., & Anaperta, Y. M. (2020). Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Batukapur Terhadap Produksi di Area 242 Bukit Tajarang PT. SEMEN PADANG. *Bina Tambang*, 5(1), 143-152.
- [11] Rochmanhadi. 1985. Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-Alat Berat. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [12] Sepriadi, Kukuh Wenisono. 2017. Evaluasi Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Overburden di Pit MT 4 Penambangan Air Laya PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim Propinsi Sumatera Selatan. Program Studi Teknik Pertambangan Batubara. Politeknik Akamigas Palembang. *Patria Akademika*, 8(2), 1-9
- [13] Sumarya. 2014. Peralatan Tambang. Padang: Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
- [14] Heriyadi, B., Prengki, I., & Prabowo, H. (2019, November). Analysis of Collapse Load and Open Hole Evaluation Based on Rock Mass Rating (RMR) Method in Underground Mining. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1387, No. 1, p. 012104). IOP Publishing.
- [15] Prabowo, H., Amran, A., & Arbain, A. (2019, August). Decreasing level of heavy metals Fe and Mn use the wetland method at coal open mining PT Bukit Asam South Sumatra Province. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 314, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- [16] Winarko, A., Sudarmono, D., & Abro, M. A. (2014). Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Overburden Untuk Mencapai Target Produksi 240.000 Bcm/Bulan Di Site Project Mas Lahat PT. Ulima Nitra Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2).
- [17] Habibie, M. D., & Prabowo, H. (2020). Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Perbandingan Metode Polygon Dan Cross Section Di Pit I Pt. Atoz Nusantara Mining, Pesisir Selatan, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(2), 125-135.
- [18] Yanto, Indonesianto. 2005. Pemindahan Tanah Mekanis. Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta: Penerbitan Seri Tambang Umum.
- [19] Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Jakarta: Alfabeta. (2017).
- [20] A. Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. Padang: UNP Press. (2013)
- [21] Anonim PT. Ansar Terang Crushindo