

Kajian Teknis Geometri Jalan Tambang Front 242 Untuk Pencapaian Produktivitas Alat Angkut Di PT Semen Padang (Persero) Tbk

Geometrical of technical study of mine road font 242 for the achievement of haulage productivity at PT Semen Padang (Persero) Tbk

Jeffry Reynold Silalahi, Guskarnali¹, Delita Ega Andini¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

Abstract

PT Semen Padang (Persero) Tbk is one of the cement producing companies in Indonesia. The supply of limestone used as the main raw material in the manufacture of cement is obtained through the mining process in the IUP area of the company. Mining roads are one of the facilities that must be considered in limestone mining activities because it is a major support in the process of transporting limestones obtained from the working Front. Inadequate road conditions can lead to less productive means of transport in the transport process, which causes production inaccessibility. The mining roads in the 242 working Front are considered to be poor so that a technical study of the mine road is required in accordance with the AASHTO Manual Rular Highway Design standard so that the geometry of the mine road is not good enough so that improvements can be made, engineering studies include road width, cross slope, superelevation, road slope, as well as a study of the carrying capacity of the soil and the influence of the mine road on fuel consumption. Based on the results of the study, the geometry of the mine road is as follows the haulage width of one lane is minimum 14 m, the width of the haul road is two lanes of 24 m, the width of the two lanes is 25 m minimum, the superelevation value is 1%, cross slope is 48 cm, the slope can be 16% of the vehicles are transported while the slope based on AASHTO is 10%, the slope of the road becomes the biggest factor that influences fuel consumption because it makes the conveyance exert great power. Mine path geometry that is not suitable causes a time of barrier of 86.85 seconds with a cycle time of 22.3 minutes using an average speed of 15 km / h resulting in a production of 1,343.04 tons / hour, while if made temporary road the transport means can reach ideal speed with time on average 29 km / h and 27 km / h, cycle time 17.75 minutes with a production of 1,687.4 tons / hour.

Keywords: Mine road geometry, fuel consumption, productivity

1. Pendahuluan

PT Semen Padang (Persero) Tbk merupakan perusahaan pertambangan yang bergerak dalam bidang penambangan batugamping kuari yang terdapat di Indarung Provinsi Sumatera Barat. Perusahaan ini berfokus pada penambangan batugamping dan pemasaran semen dengan kualitas yang baik yang digunakan dalam pembangunan sarana dan prasarana.

Jalan tambang yang baik harus sesuai dengan standar AASHTO, dimana jalan tambang yang ada pada front kerja tidak sesuai dengan standar AASHTO seperti lebar jalan yang terlalu sempit, kemiringan jalan yang terjal dan nilai *cross slope* dan *superelevasi* yang tidak sesuai.

Permasalahan tersebut menyebabkan adanya waktu tunggu dan juga berdampak terhadap kecepatan rata-rata yang dapat digunakan dalam proses pengangkutan batugamping yang rendah yaitu sebesar 15 km/jam dan 20 km/jam, dengan kecepatan rata-rata tersebut dibutuhkan waktu selama 22,3 menit untuk menempuh satu ritase dengan panjang total jalan tambang sebesar 1.655 m dari *front* kerja ke crusher.

Kecepatan rata-rata yang sangat rendah yang diakibatkan oleh geometri jalan tambang yang tidak sesuai dengan standar AASTHO hal ini secara langsung dapat mempengaruhi kapasitas produksi HD (*Heavy Duty*) Komatsu 785-7 yaitu 1208.792 ton/jam sehingga target produksi dari crusher tidak terpenuhi yaitu sebesar 1500 ton/jam. Oleh karena itu, geometri jalan tambang pada front kerja 242 harus sesuai dengan standar AASTHO.

Karena itu, perlu dilakukan kajian secara teknis dan selanjutnya perlu dilakukan tindakan perbaikan geometri jalan tambang yang disesuaikan dengan teori AASHTO (1990) yang dijadikan sebagai acuan perbaikan.

*Korespodensi Penulis: (Jeffry Reynold Silalahi)
Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik,
Universitas Bangka Belitung.

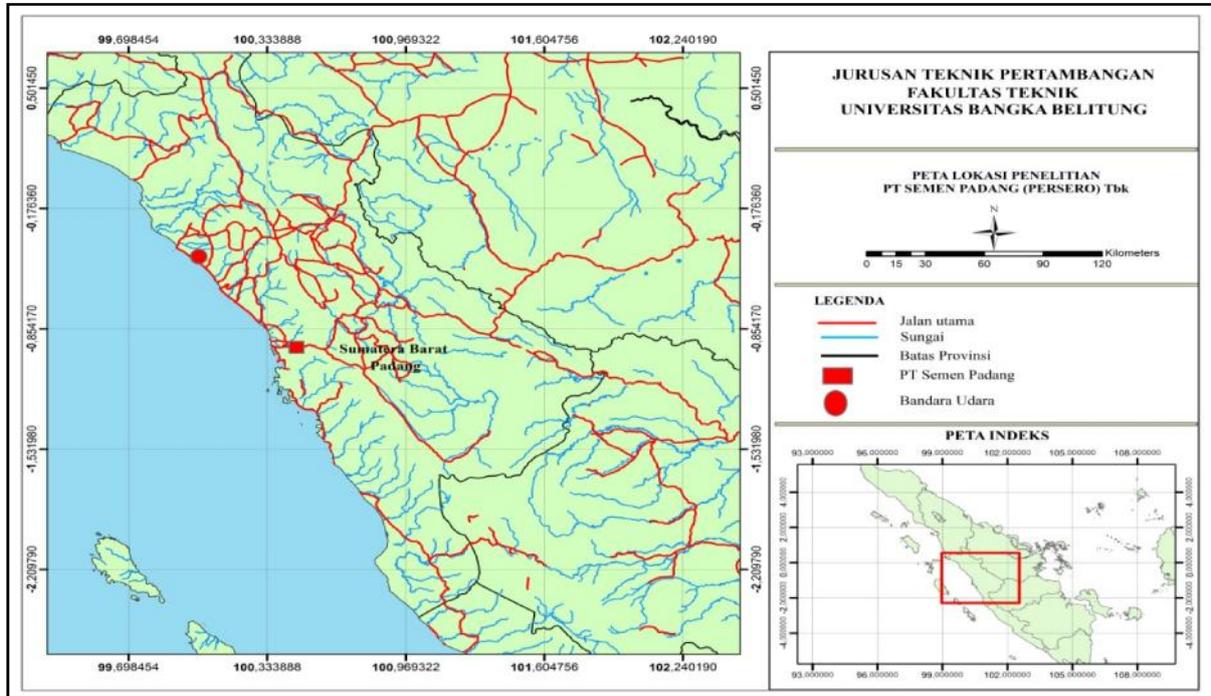
Email: jeffry.reynold2@gmail.com

Contact : 081366044510

Lokasi Penelitian

PT Semen Padang (Persero) Tbk memiliki luas Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) yang berlokasi di Kelurahan Indarung Kecamatan

Lubuk Kilangan, Kota Padang. Sedangkan luas Izin Usaha Penambangan yang dikeluarkan oleh pihak Pemerintah Provinsi No.013/03.06/V/IUP-OP/2011 dengan luas sebesar 206,96 hektar.



Gambar 1. Peta kesampaian daerah PT Semen Padang (Persero) Tbk

Tinjauan Pustaka

Menurut Waterman(2010), Geometri jalan tambang disesuaikan dengan alat angkut yang digunakan agar alat angkut dapat bergerak secara leluasa.

Geometri Jalan Angkut Tambang

Geometri Jalan angkut tambang seperti lebar jalan lurus dan menikung, jari-jari tikungan dan superelevasi, *cross slope*, dan kemiringan jalan harus diperhatikan agar dapat menunjang kegiatan pengangkutan alat berat adalah sebagai berikut.

1) Lebar Jalan Angkut Tambang

Untuk menentukan lebar jalan angkut pada satu jalur atau dua jalur menurut AASHTO dinyatakan pada persamaan sebagai berikut:

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

Lebar tikungan pada jalan tambang harus lebih besar dari lebar pada kondisi jalan lurus untuk mengantisipasi penyimpangan lebar alat angkut oleh sudut yang dibentuk oleh roda bagian depan dengan badan *truck* yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja dalam proses pengangkutan. Lebar jalan angkut pada tikungan dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$W_{min} = 2(U + F_a + F_b + Z) + Z \dots \dots \dots (2)$$

2) Jari-jari Tikungan dan Superelevasi

Jari-jari tikungan dan Superelevasi berguna untuk melawan gaya sentrifugal yang mampu membuat alat angkut keluar dari bahu jalan.

Jari-jari tikungan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{V_T^2}{127(e+f)} \dots \dots \dots (3)$$

3) Cross slope

Suatu sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal disebut *cross slope* untuk memperlancar proses penyaliran.

Cross slope dihitung dengan membandingkan antara jarak vertikal dan jarak horizontal dengan satuan mm/m. Menurut Suwandhi (2004) jalan yang baik memiliki *cross slope* antara 20 mm/m sampai 40 mm/m.

4) Kemiringan Jalan Angkut (*grade*)

Kemiringan merupakan beda ketinggian antara satu titik pengukuran dengan titik pengukuran lainnya. Kemiringan dapat berarti jalan menaik atau menurun. *Grade* jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Grade(\%) = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Menurut AASHTO (1990), kemiringan jalan yang dapat dilalui dengan baik dan dikategorikan aman oleh alat angkut HD berkisar 10%-15%.

5) Kemampuan Alat Mengatasi Tanjakan

Menurut Prodjosumarto 1993 kemampuan suatu alat angkut dalam mengatasi tanjakan sangat tergantung pada gaya tarik maksimum yang biasa disediakan oleh mesin untuk menarik beban yang ada pada alat angkut tersebut. Suatu gaya tarik maksimum yang biasa disediakan oleh mesin disebut dengan *rimpull*.

$$R_p = \frac{375 \times HP \times E_m}{V} \dots\dots\dots (5)$$

6) Daya Dukung Jalan Terhadap Beban

Daya dukung jalan adalah kemampuan jalan untuk menopang beban yang ada di atasnya. Menentukan daya dukung tanah secara tepat hanya dapat dilakukan oleh seorang ahli mekanika tanah yang berkualifikasi. Walaupun demikian, informasi umum daya dukung tanah untuk berbagai jenis tanah telah tersedia. Untuk keperluan pembuatan jalan angkut, daya dukung tanah harus disesuaikan dengan jumlah beban yang didistribusikan melalui roda.

$$C_a = \frac{0.9 \times \text{Beban pembebanan roda (lb)}}{\text{Tekanan ban (psi)}} \dots\dots\dots$$

$$(6) \text{Beban yang diterima} = \frac{\text{Beban tiap roda (lb)}}{C_a} \dots\dots\dots$$

(7)

Penggunaan Bahan Bakar

Menurut Wong (2001) penggunaan bahan bakar penting sebagai salah satu bentuk pertimbangan pemilihan alat angkut yang akan digunakan dengan membandingkan konsumsi bahan bakar dengan produksi yang dihasilkan perskala waktu.

$$P = \frac{\sum R + F_d V}{1 - i n} \dots\dots\dots$$

$$(8) m = P \times B_{sfc} \dots\dots\dots (9)$$

Regresi Linier

Pengertian regresi secara umum menurut Gujarati (2003) adalah sebuah alat statistik yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan antara 2 variabel atau lebih.

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X (\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots (10)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X (\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots (11)$$

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X (\sum Y)}{((n \sum X^2) - (\sum X)^2) (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)} \dots\dots\dots (12)$$

Produktivitas Batugamping

Produktivitas batugamping PT Semen Padang (Persero) Tbk sangat dipengaruhi oleh sistem pemuatan dan pengangkutan yang baik dimana jarak tempuh dan kecepatan kendaraan

sangat berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar dan juga berpengaruh besar dalam proses mendapatkan target produksi yang telah ditetapkan.

1) Produktivitas HD Komatsu 785-7 dan Waktu Edar

Menurut Kejocevic (2010) produksi alat angkut dipengaruhi oleh banyaknya curah *bucket* alat gali muat terhadap alat angkut. Waktu edar merupakan waktu yang diperlukan alat angkut dari *point load* ke *dumping area*.

$$P_a = \frac{3600}{C_{Ta}} C_a \times C_{ff} \dots\dots\dots (13)$$

$$C_{Ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{an} \dots\dots\dots (14)$$

Kecepatan Pengangkutan Ideal

Menurut Yuniarto (2016) kecepatan pengangkutan adalah salah satu faktor pendukung yang mampu meningkatkan produksi sehingga harus dipastikan bahwa kendaraan dipacu pada kecepatan ideal berdasarkan kemiringan jalan dan *rolling resistance*.

2. Metode Penelitian

Objek Penelitian

Objek yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah kajian teknis geometri jalan tambang terhadap produksi dan konsumsi bahan bakar sepanjang jalan tambang dari *front 242* ke *Crusher 6PT* Semen Padang (Persero) Tbk lalu melakukan perbaikan sesuai standar AASHTO (1990).

Tahapan Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif yang dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi studi literatur, observasi, pengumpulan dan pengelompokan data, pengolahan data, analisis data, serta penyusunan laporan. Tahapan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan geometri jalan tambang, produksi, bahan bakar, regresi linier serta literatur yang berkaitan dengan penelitian. Setelah didapatkan hasil kajian teknik geometri jalan tambang, lalu berikan rekomendasi *temporary road* berdasarkan hasil kajian teknis jalan dan besar penggunaan bahan bakar.

3. Hasil dan Pembahasan

Geometri jalan tambang yang ada di PT Semen Padang (Persero) Tbk diketahui tidak optimal, sehingga tidak tercapainya produksi *Crusher 6* untuk alat angkut HD Komatsu 785-7 serta menyebabkan pekerjaan operator alat angkut menjadi kurang aman. Tidak optimalnya

geometri jalan tambang disebabkan oleh kemiringan jalanyang terlalu terjal, lebar jalan yang terlalu sempit,

tidak adanya *cross slope* serta superelevasi yang tidak aman.



Gambar 3. Proses pengukuran jalan angkut

Tidak optimalnya sarana jalan tambang menyebabkan alat angkut mengeluarkan konsumsi bahan bakar yang relatif besar dalam skala waktu yang sama.

Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang

1) Lebar Jalan Angkut Tambang

Menurut teori AASHTO untuk menghitung lebar jalan menggunakan variabel lebar alat angkut. Berdasarkan perhitungan lebar jalan lurus satu jalur seharusnya 14 m, sedangkan untuk dua jalur seharusnya 24 m. Untuk lebar jalan tambang pada tikungan seharusnya 25 m. Hasil sevaluasi lebar jalan angkut tambang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Evaluasi lebar jalan angkut

Segmen jalan	Lebar (m)	Keterangan	Perbaikan (m)
0 - A	24	lurus 2 jalur	Baik
A - B	14,48	lurus 2 jalur	+9,52
B - C	15	lurus 2 jalur	+ 9
C - D	17,30	lurus 2 jalur	+ 6,7
D - E	16,61	lurus 2 jalur	+ 7,39
E - F	20	lurus 2 jalur	+ 4
F - G	21	lurus 2 jalur	+ 3
G - H	17,48	lurus 2 jalur	+ 6,52
H - I	11	lurus 2 jalur	+ 13
I - J	15,8	lurus 2 jalur	+ 8,2
J - K	12,38	lurus 2 jalur	+ 11,62
Rata-rata	16,82	-	+7,17
Segmen jalan	Lebar (m)	Keterangan	Perbaikan (m)
A-B	24	Tikungan	+1
B-C	24,1	Tikungan	+ 0,9
C-D	18,7	Tikungan	+6,3
D-E	17,7	Tikungan	+7,3
E-F	20,9	Tikungan	+4,1
F-G	23,9	Tikungan	+1,1
G-H	27,7	Tikungan	Baik

H-I	23,7	Tikungan	+1,3
Rata-rata	22,5	-	2,75

Berdasarkan hasil pengamatan bahwa sebagian besar segmen jalan memiliki lebar jalan yang tidak sesuai standar. Bahkan pada Segmen H-I lebar jalan hanya sebesar 11 m hanya muat untuk satu jalur, sehingga harus dilakukan penambahan lebar jalan menggunakan alat berat yang ada dengan lebar sesuai dengan Tabel 1 agar lebar jalan sesuai dengan standar AASHTO.

2) Jari-jari dan Superelevasi

Superelevasi dibutuhkan agar dapat menyeimbangkan gaya sentrifugal yang ditimbulkan akibat kendaraan berbelok pada tikungan. Berdasarkan perhitungan, maka superelevasi yang harus dibuat sebesar 1%. Hasil evaluasi superelevasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Evaluasi Superelevasi

Segmen	Jari-jari (m)	Beda tinggi	Super elevasi (%)	Perbaikan(%)
A-B	24	0,164	0,68	+ 0,32
B-C	24,1	0,649	2,6	Baik
C-D	18,7	-0,353	-1,8	(-) ke (+)
D-E	17,7	0,125	0,7	+ 0,3
E-F	20,9	-1,52	-7,2	(+) ke (-)
F-G	23,9	0,69	2,8	Baik
G-H	27,7	-2,18	-7,8	(-) ke (+)
H-I	23,7	-0,52	-2,1	(+) ke (-)
Rata-rata	22,5	0,77	3,21	-

Sebagian tikungan memiliki superelevasi yang arah kemiringan nya tidak tepat, sehingga tidak dapat menahan gaya sentrifugal alat angkut

3) *Cross slope*

Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* optimal sebesar 40 mm/m. Hasil perhitungan *cross slope* dengan lebar jalan minimum 17 m adalah 0,483m. Hasil evaluasi *cross slope* aktual dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Evaluasi *cross slope*

Segmen jalan	Lebar (m)	<i>Cross slope</i> (m)	Perbaikan (m)
0 - A	24	0	48
A - B	14,48	0	29
B - C	15	0	30
C - D	17,30	0	34,6
D - E	16,61	0	33,22
E - F	20	0	40
F - G	21	0	42
G - H	17,48	0	35

H – I	11	0	22
I – J	15,8	0	31,6
J – K	12,38	0	24,7
Rata-rata	14,44	0	48

Pengamatan *cross slope* secara langsung dilapangan menunjukkan bahwa seluruh jalan tambang mulai dari *point load* sampai ke *dumping point* tidak memiliki *cross slope*. Meskipun demikian tidak mengakibatkan adanya masalah drainase karena proses penambangan dilakukan dipuncak bukit sehingga air akan turun ketempat yang lebih rendah.

4) Kemiringan Jalan (Grade)

Berdasarkan perhitungan menurut AASHTO Menggunakan teori yang dikemukakan oleh standar AASHTO (1990) bahwa nilai *grade* yang dapat dilalui oleh alat angkut sebesar 10% meskipun demikian alat angkut HD Komatsu dapat dilalui kemiringan maksimal sebesar 15% berdasarkan kecepatan terendah yang dianjurkan untuk digunakan yaitu 15 km/jam dan 20 km/jam. Hasil evaluasi kemiringan jalan dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Evaluasi kemiringan jalan

Segmen jalan	Jarak (m)	Beda tinggi (m)	Grade (%)	Ket
A – B	30,545	1,057	3,46	Baik
B – C	34,768	3,23	9,3	Baik
C – D	49,48	4,71	9,51	Baik
D – E	55,044	4,288	7,8	Baik
E – F	41,506	3,6	8,67	Baik
F – G	53,894	6,68	12,4	-2,4
G – H	85,33	11,46	13,43	-3,43
H – I	121,951	16,43	13,47	-3,47
I – J	42,742	3,346	7,8	Baik
J – K	129,745	9,69	7,47	Baik
K – L	63,482	9,603	15,12	-5,12
L – M	62,786	8,749	14	-4
M – N	48,911	6,906	14,12	-4,12
N – O	81,567	9,4	11,53	-1,53
O – P	79,533	11,04	13,8	-3,8
P – Q	65,64	7,529	11,47	-1,47
Q – R	20,96	3,351	16	-6
R – S	174,972	28,59	16,34	-6,34
S – T	46,34	6,89	14,8	-4,8
T – U	42,168	8,715	20,6	-10,6
U – V	51,76	7,4	14,38	-4,38
V – W	42,058	1,645	4	Baik
W – X	68,96	12,51	18,14	-8,146
X – Y	8,2	1,9	23,5	-13,5
Y – Z	21,858	1,418	6,5	Baik
Z – Z'	27,19	3,061	11,3	-1,3
Z – Y'	42,96	3,813	8,9	Baik

Proses pengamatan menunjukkan bahwa *grade* pada jalan tambang *front* 242 tidak memenuhi standar AASHTO, tingkat kemiringan yang curam menyebabkan penggunaan bahan

bakar yang besar. Perbaikan *grade* jalan harus dilakukan agar nilai *grade* dari Segmen tersebut berkurang atau dibuatkan *temporary road*.

5) Kemampuan Alat Mengatasi Tanjakan

Kemampuan alat angkut dalam mengatasi tanjakan tergantung pada gaya tarik maksimum yang biasa disediakan oleh mesin untuk menarik beban pada alat angkut tersebut. Dengan nilai rimpul 28968,24 lb, HP 1200 dan kecepatan 12,42 mph dan berat kosong kendaraan 72 ton maka tanjakan yang mampu diatasi oleh kendaraan HD Komatsu 785-7 adalah 15%

6) Daya Dukung Tanah Terhadap Beban

Perhitungan ini sangat dibutuhkan mengingat jalan yang kuat akan mengakibatkan aktivitas pengangkutan lebih baik. Maka *contact area* ban depan sebesar 542.7987 inch² dengan tekanan ban 82 psi maka beban yang diterima jalan adalah 91,1 psi atau 13118,4 psf sedangkan untuk ban belakang tekanan ban 85 psi dan *contact area* pada ban belakang sebesar 1235,498 inch² maka beban yang diterima jalan adalah 94,4 psi atau 13593,6 psf dan kemampuan jalan aktual untuk menerima beban adalah 20000 psf.

Perbaikan Kecepatan Rencana

Berdasarkan pengamatan di sepanjang jalan kecepatan rencana yang digunakan adalah 15 km/h dan 20 km/h dimana dengan kecepatan tersebut target produksi tidak tercapai.



Gambar 3. Pengangkutan Batugamping

Dalam proses penentuan kecepatan harus diberikan rencana kecepatan yang ideal sesuai dengan kemiringan jalan, pada kondisi jalan lama yang tidak optimal kecepatan rencannya adalah 15 dan 20 km/jam (12,46 menit untuk mengangkut dan kembali) sedangkan pada kemiringan *temporary road* yang telah ditentukan sebagai alternatif jalur pengangkutan adalah 27 dan 29 km/h (8,1345 menit untuk

mengangkut dan kembali). Pada jalan tambang dengan kondisi tanah dasar maka tahanan gulingnya adalah 2% (bernilai minus bila bermuatan dan positif bila tanpa muatan).

Tabel 5. Kecepatan Rencana Bermuatan (-2%)

Segmen jalan	Jarak (m)	Grade (%)	Kecepatan (V)	Waktu (s)
A – B	30,56	3,4	62	1,77
B – C	34,91	9,31	23	5,46
C – D	49,707	9,5	22	8,1
D – E	55,21	7,8	28	7,1
E – F	41,6	8,6	24	6,24
F – G	407	7,3	32	45,7
G – H	54,441	7,15	32	6
H – I	96,54	10	21	16,5
I – J	110,035	3,68	62	6,39
J – K	101,179	10	21	17,3
K – L	157,23	10	21	26,9
L – M	45,8	10	21	7,8
M – N	17,769	10	21	3
N – O	113,623	10	21	19,4
O – P	152,209	10	21	26
P – Q	108,164	10	21	18,5
Q – R	29,25	10	21	5
R – S	50,58	10	21	8,6
S – T	44,79	10	21	7,6
T – U	123,037	10	21	21
Rata-rata	1823,7	-	27	264,4

Tabel 6. Kecepatan Rencana Non Muatan (2%)

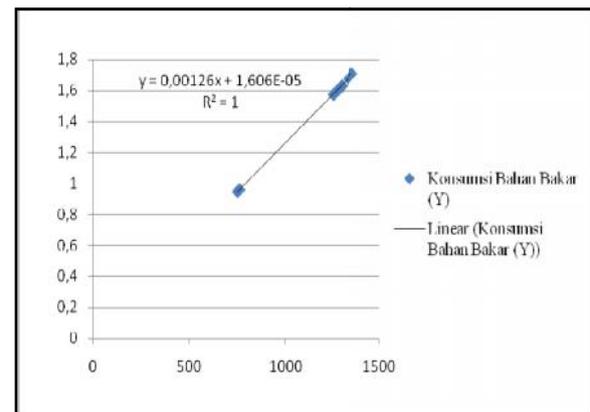
Segmen jalan	Jarak (m)	Grade (%)	Kecepatan (V)	Waktu (s)
A – B	30,56	3,4	35	3,14
B – C	34,91	9,31	28	4,48
C – D	49,707	9,5	27	6,39
D – E	55,21	7,8	33	6
E – F	41,6	8,6	30	4,9
F – G	407	7,3	33	44
G – H	54,441	7,15	35	5,5
H – I	96,54	10	27	12,8
I – J	110,035	3,68	35	11,31
J – K	101,179	10	27	13,4
K – L	157,23	10	27	20,9
L – M	45,8	10	27	6
M – N	17,769	10	27	2,3
N – O	113,623	10	27	15
O – P	152,209	10	27	20,29
P – Q	108,164	10	27	14,4
Q – R	29,25	10	27	3,9
R – S	50,58	10	27	6,7
S – T	44,79	10	27	5,9
T – U	123,037	10	27	16,4
Rata-rata	1823,7	-	29	223,71

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan waktu tempuh bila dibuatkan *temporary road*, dengan adanya *temporary road* maka produksi akan memungkinkan untuk ditingkatkan.

Penggunaan Bahan Bakar

Berdasarkan data aktual yang di dapat dari perusahaan bahwa konsumsi dari HD Komatsu 785-7 adalah 60 liter per jam pada *mine road* 242. Peneliti melakukan perhitungan guna memperkirakan penggunaan bahan bakar pada *temporary road* yang direncanakan peneliti sebagai alternatif jalan yang dapat digunakan untuk peningkatan produksi dimana melalui perhitungan dapat diperkirakan konsumsi bahan bakar untuk *temporary road* adalah 51,1348 L dari hasil analisis regresi maka didapatkan grafik regresi yang akan menjelaskan hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap bahan bakar. Kita bisa mendapatkan nilai koefisien determinasi r^2 dari grafik regresi.

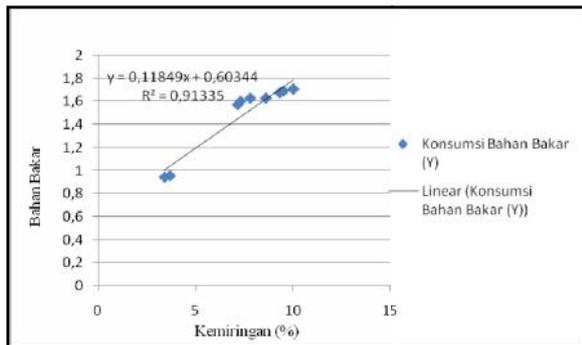
1) Penggunaan Daya Terhadap Bahan Bakar variabel X dan Y dimana variabel X adalah daya dan variabel Y adalah komsumsi bahan bakar pada tiap segmen. Pada Gambar 4 dapat dilihat grafik garis linear dari pengaruh daya terhadap komsumsi bahan bakar.



Gambar 4. Pengaruh Daya Terhadap Bahan Bakar

Pengaruh daya terhadap komsumsi bahan bakar sangat berbanding lurus dengan nilai koefisien determinasi yang mencapai nilai 1 dan didapatkan persamaan linear $y = 0,00126x + 1,606E-05$ maka dapat dikatakan variabel-variabel independen (daya) memberikan semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel dependen (bahan bakar).

2) Pengaruh Kemiringan Terhadap Bahan Bakar Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai dari r^2 untuk mendapatk hubungan linear antara variabel X dan Y. Pengaruh kemiringan terhadap konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan nilai koefisien determinasi 0,913 dan didapat persamaan regresi $y = 0,11849x + 0,60344$. Pada Gambar 5 grafik garis linear dari pengaruh kemiringan terhadap komsumsi bahan bakar.

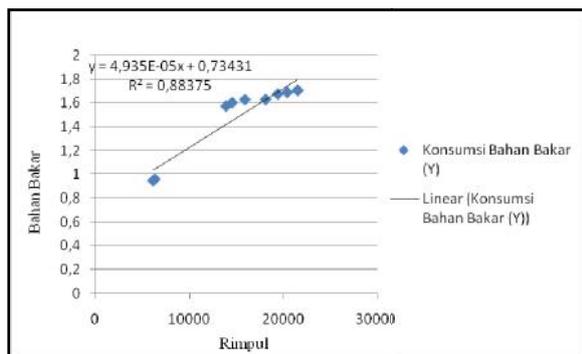


Gambar 5. Pengaruh Kemiringan Terhadap Bahan Bakar

Berdasarkan Gambar 5 Dapat dikatakan variabel-variabel independen (kemiringan) memberikan semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel dependen (bahan bakar).

3) Pengaruh Rimpul Terhadap Bahan Bakar

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai r^2 dengan mendapatkan hubungan linear antara variabel X dan Y. Pada Gambar 6 dapat dilihat grafik garis linear dari pengaruh rimpul terhadap konsumsi bahan bakar.



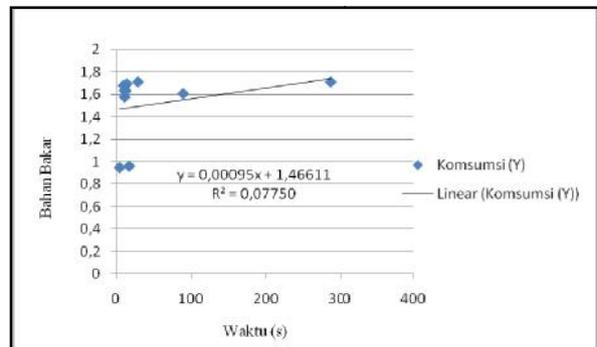
Gambar 6. Pengaruh Rimpul Terhadap Bahan Bakar

Berdasarkan hasil perhitungan regresi didapat persamaan $y = 4,935E-05x + 0,73431$ maka pengaruh rimpul terhadap konsumsi bahan bakar dengan nilai koefisien determinasi yang mencapai nilai 0,883 atau dapat dikatakan variabel-variabel independen (rimpul) memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel dependen (bahan bakar).

4) Pengaruh Waktu Terhadap Bahan Bakar

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai dari r^2 untuk mendapatkan hubungan linear antara variabel X dan Y dimana variabel X bertindak sebagai waktu tempuh dan variabel Y bertindak sebagai konsumsi bahan bakar pada tiap segmen. Adapun hasil dari analisis ini dapat dilihat pada gambar berikut. Pada Gambar

7 dapat dilihat grafik pengaruh dari waktu tempuh terhadap konsumsi bahan bakar. Berdasarkan hasil perhitungan regresi pengaruh waktu tempuh terhadap konsumsi bahan bakar dengan nilai koefisien determinasi yang mencapai nilai 0,077.

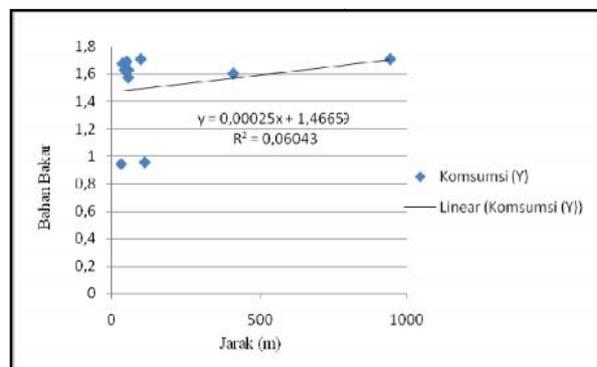


Gambar 7. Pengaruh Waktu Terhadap Bahan Bakar

Melalui Gambar 7 persamaan $y = 0,00095x + 1,46611$ dapat dikatakan variabel-variabel independen (waktu tempuh) memberikan informasi yang minimum untuk memprediksi variasi variabel dependen (bahan bakar).

5) Pengaruh Jarak Terhadap Bahan Bakar

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai dari r^2 untuk mendapatkan hubungan linear antara variabel X dan Y dimana variabel X (*independen*) bertindak sebagai jarak dan variabel Y (*dependen*) bertindak sebagai konsumsi bahan bakar pada tiap segmen. Hasil dari analisis regresi linear akan menunjukkan besar pengaruh dari variabel X terhadap variabel Y. Adapun hasil dari analisis ini dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



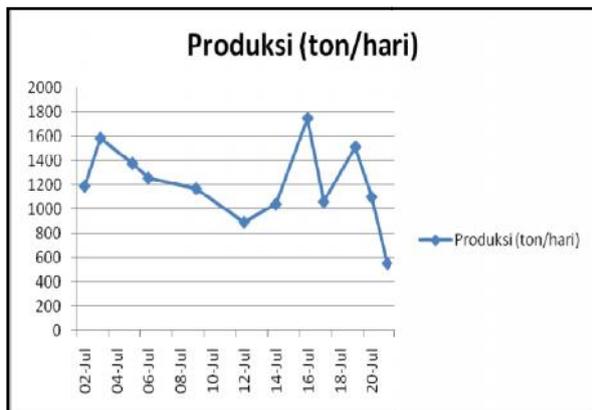
Gambar 8. Pengaruh Jarak Terhadap Bahan Bakar

Pengaruh jarak terhadap konsumsi bahan bakar dengan nilai koefisien determinasi yang mencapai nilai 0,06043 atau dapat dikatakan variabel-variabel independen (jarak) memberikan

informasi yang minimum dalam melakukan prediksi variasi-variasi variabel dependen (bahan bakar).

Design Jalan Tambang Terhadap Produksi Batugamping

Pada jalan aktual produksi sebesar 1208.792 ton/jam sedangkan pada *temporary road* yang direncanakan menghasilkan 1518,688 ton/jam dapat dilihat pada Gambar 9. yang memperlihatkan produksi Crusher pada bulan Juli 2018.



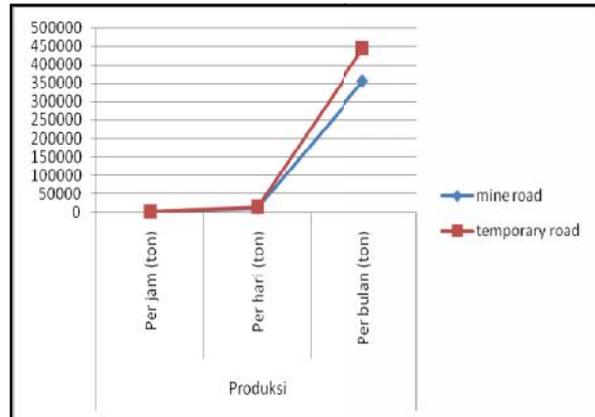
Gambar 9. Produktivitas Crusher 6 Bulan Juli

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui ke tidak tercapainya produksi yang diakibatkan oleh *mine road* sehingga *Temporary road* perlu dibuat untuk ketercapaian produksi, proses *desain* dilakukan menggunakan perangkat lunak *Surpac* dengan menggunakan data peta topografi sebagai acuan dalam proses penentuan titik dengan menggunakan Gps Geodetik.

Tabel 7. *Mine Road* dan *Temporary Road*

Nama Alat	Produksi	<i>Mine Road</i>	<i>Temporary Road</i>
HD	Perjam (ton)	1208,792	1518,688
Komatsu 785-7 DK	Perhari (ton)	11846,1616	14883,1424
19 (4 unit)	Perbulan (ton)	355384,848	446494,272

Pada Tabel 7 produksi yang dihasilkan *mine road* tidak mencapai target produksi yaitu sebesar 1208.792 ton/jam sedangkan bila *temporary road* diterapkan akan menghasilkan produksi batugamping sebesar 1518,688 ton/jam dan hasil ini telah melampaui target produksi 1500 ton/jam. Pada Gambar 10 ditampilkan grafik perbandingan produksi batugamping antara *mine road* dengan *temporary road*. *Design* jalan dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 10. Perbandingan Produksi Batugamping

Pada Gambar 10 setelah dibuat *temporary road* dengan kecepatan rencana yang baru maka produksinya untuk 4 unit alat angkut HD Komatsu 785-7 adalah 1518,688 ton/jam bila dibandingkan dengan produksi sebelum perbaikan jalan (*mine road*) maka peningkatan produksinya adalah sebesar 309,9 ton/jam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian dari pembahasan sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

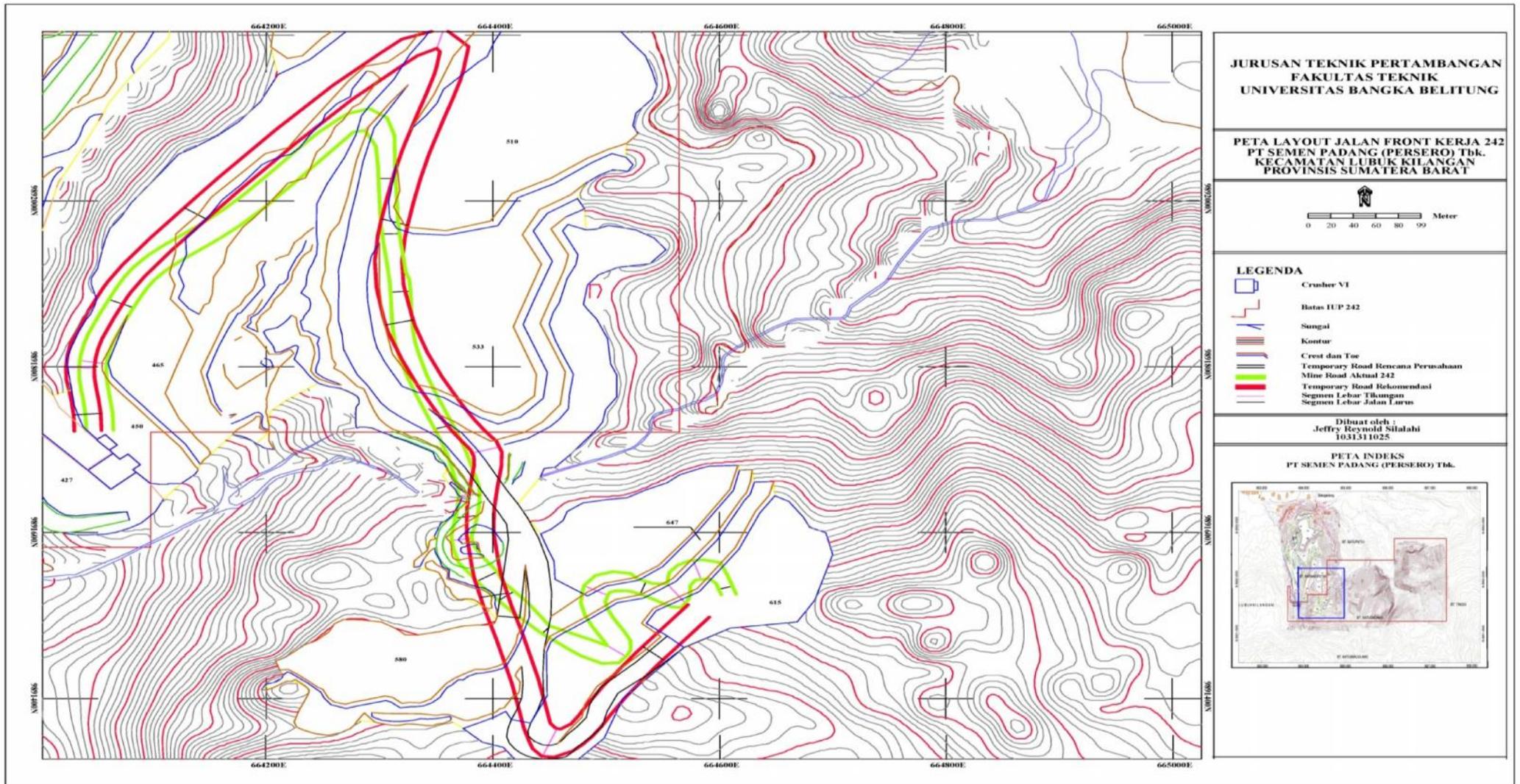
1. Hasil Evaluasi Jalan Angkut dari *crusher* VI ke *loading point Front 242* adalah sebagai berikut : lebar jalan angkut untuk dua jalur pada jalur lurus adalah 24 m, sedangkan berdasarkan pengamatan sebagian besar lebar jalan belum memenuhi syarat lebar minimum. Rata-rata lebar jalan adalah 16,82 m. Lebar jalan angkut untuk dua jalur pada tikungan adalah 25 m, sedangkan kondisi dilapangan lebar jalan tikungan terbesar adalah 25 m. Rata-rata lebar jalan pada tikungan sebesar 21,48 dan harus dilakukan pelebaran. Nilai superelevasi didapat sebesar 0,01 atau 1%, sedangkan dilapangan setiap tikungan sudah memiliki superelevasi yang lebih dari 1%. Besarnya *cross slope* menurut analisis yaitu 48 cm. Kemiringan/*grade* jalan produksi maksimal adalah 15% sedangkan dilapangan ada 4 segmen yang tidak memenuhi dari kemiringan tersebut. Daya dukung jalan adalah 20.000 psf dan beban terbesar yang diberikan oleh alat angkut adalah pada bagian ban belakang sebesar 13593,6 psf maka jalan tambang mampu untuk menahan beban tersebut. Pada *temporary road* nilai yang direkomendasikan untuk superelevasi adalah 5,5%, jarak *temporary road* 1,8 km.

2. Waktu tempuh HD Komatsu 785-7 pada kondisi pada *mine road* dengan kecepatan 15 km/jam adalah untuk tidak bermuatan 339,6 detik dan untuk bermuatan dengan kecepatan 15 km/jam adalah 408 detik dan bila dibuat *temporary road* maka waktu tempuh untuk tidak bermuatan dengan kecepatan 27 km/jam adalah 264,36detik dan untuk yang bermuatan dengan kecepatan 29 km/jam adalah 223,71 detik.
3. Penggunaan bahan bakar pada *mine road* sebesar 60 liter/jam atau 22,2 liter/rit dimana jumlah rit sebanyak 2,7 ritase dalam satu jam sedangkan pada *temporary road* penggunaan bahan bakar sebesar 51,1348 liter/jam atau 15,138 liter/rit dengan jumlah ritase 3,38 ritase dalam satu jam, bila diurutkan dari faktor pengaruh tertinggi ke terendah maka faktor tertinggi yang mempengaruhi bahan bakar adalah daya dengan $R^2= 1$, kemiringan $R^2= 0,913$, rimpul $R^2= 0,883$, waktu tempuh $R^2= 0,077$, jarak $R^2=0,06$.
4. Produksi aktual batugamping dengan *cyle time* 22,3 adalah 1208,792 ton/jam dimana produksi ini tidak mencapai produksi crusher yakni 1500 ton/jam sehingga harus dilakukan pembuatan *temporary road* sebagai alternatif guna ketercapaian produksi tersebut, pada *temporary road* produksi per jam yang didapat adalah 1518,688 ton/jam produksi tercapai akibat dilakukan pembuatan *temporary road* yang sesuai dengan akidah AASTHO dan juga dilakukan penambahan kecepatan guna mencapai efesiensi kerja pengangkutan yang efektif.

Daftar pustaka

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Manual Rural High Way Design. 1973, *Perencanaan Desain Jalan Angkut*.
- Gujarati, D. 2003. *Ekonometrika Dasar*. Erlangga. Jakarta.
- Kecojevic V, Kolmjenovic D., 2010, *Haul Truck Fuel Consumption and CO² Emission Under Various Engine Load Conditions*, Mining Engineering Magazine, December 2010.
- Prodjosumarto, Partanto. 1998, *Cara Menghitung Produksi Dan Ongkos Produksi*. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral, ITB.
- Ripley, H. 2002. *Aljabar Linear Elementer*. Erlangga. Jakarta.
- Suwandhi, Awang, 2004. *Perencanaan Jalan Tambang*, Diktat Perencanaan Tambang, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.

- Waterman, S.,2010,*Perencanaan Tambang*, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Yogyakarta.
- Winarto, Satria Heyder, 2009. *Analisis Komsumsi Bahan Bakar HD 465 dan HD 785 di PT Bukit Makmur Pada Lokasi Kerja Sebuku Kalimantan Selatan*, Jurusan Teknik Pertambangan ITB, Bandung.
- Wong, J.Y., 2001, *Theory of ground vehicle third edition*, Wiley-IEEE.
- Yunianto, Lukman., 2016, *Optimalisasi Kecepatan Dumptruck Caterpillar 789B Pada Kegiatan Pengangkutan Lapisan Tanah Penutup Di Pit Pinang South Department Jupiter PT Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur*, Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Veteran Yogyakarta, Yogyakarta.



Lampiran 1. *Design* perbaikan geometri jalan