

Evaluasi Material dan Daya Dukung Tanah untuk *Base Coarse* Jalan Tambang di PT. Kalimantan Prima Persada *Site Mining* Asam – asam (MASS)

TommyJoetra^{1*}, and Yoszi Mingsi Anaperta^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*joetratommy@gmail.com](mailto:joetratommy@gmail.com)

**yosziperta@yahoo.co.id

Abstrak. PT Kalimantan Prima Persada (PT. KPP) is a subsidiary of PT Pamapersada Nusantara which was established on September 9th, 2003. The company uses open pit method, the hauling overburden process uses 4 fleet with overburden (OB) production target of 40,000 BCM / day. In mine road maintenance the company does not yet have a reference for the selection of materials used for the base coarse of the mine road. The company uses the largest transport equipment, HD 785 which has a load of 529.33 kN / set, the CBR value of the road that can support the load is 36%, but the actual field found in the mine road CBR value ranges from 20% - 30% which can cause damage such as the occurrence of deflection, hollow roads and bumpy roads, so that it can increase the circulation time of the transport equipment and automatically reduce the productivity of the conveyances. Overburden's production target for 1 fleet is 10,000 BCM /day, but due to damage to the actual Anthea road in the production field for 1 fleet it does not meet the target. From the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test conducted on Anthea road using rover 1 and rover 2 material, the average CBR was 43.2%, while on the Gotik road using rover 3 material, the CBR average was 25%. Based on the calculation before the repairs on the Anthea road, the circulation time of 978.1 seconds was obtained, Overburden production was 9,734 BCM /day. After the soak test, the material that can be used for the base coarse of the mine road is obtained, namely lower material 2, Rover 1 and rover 2 and mine road repairs with the addition of base coarse thickness, road compaction and scrubbing obtained decline in transport time to 910.5 seconds so overburden production increases to 10,457.41 BCM /day

Keywords : Base Coarse, CBR, DCP, Productivity, Production.

1. Pendahuluan

PT. Kalimantan Prima Persada (PT. KPP) adalah anak perusahaan PT. Pamapersada Nusantara yang berdiri pada tanggal 9 September 2003. Salah satu penambangan batubara dilakukan pada *Site* penambangan yaitu PT. Amanah Anugerah Adi Mulia. Kontrak kerja PT. Kalimantan Prima Persada dengan PT. Amanah Anugerah Adi Mulia meliputi kegiatan penggalian, pemuatan dan pengangkutan menuju lokasi pengolahan melalui jalan tambang sepanjang 33 Km menuju port. Target produksi 1 *fleet* yaitu 10.000 BCM/hari.

Pada lokasi penambangan PT. KPP *Site Mining* Asam – Asam (Mass) pada pemeliharaan jalan tambang belum memiliki acuan untuk pemilihan material yang

digunakan untuk *base coarse* jalan tambang. Material sangat berperan penting untuk bahan perkerasan jalan tambang karena dengan baiknya karakteristik material maka akan terbentuknya jalan tambang yang memiliki nilai daya dukung yang ideal. Oleh karena itu diperlukannya pemilihan material yang bisa dijadikan *base coarse* jalan tambang agar nantinya mampu untuk menopang beban alat angkut yang berada di atasnya.

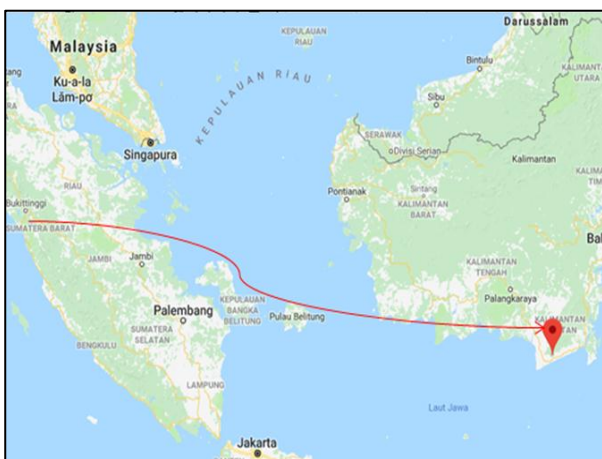
Perusahaan menggunakan alat angkut HD 785 yang memiliki beban roda sebesar 529,33 kN, nilai daya dukung tanah yang mampu untuk menopang beban roda HD 785 tersebut yaitu dengan nilai CBR 36 %. Aktual dilapangan ditemukannya nilai CBR jalan tambang berkisar antara 20 %-30 %. Dengan data nilai CBR

tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada jalan tambang seperti terjadinya lendutan (*rutting*), jalan berlobang (*pothole*) dan jalan bergelombang (*corrugated*). Terjadinya kerusakan pada jalan tambang menyebabkan tidak tercapai target produksi 1 *fleet* pada *pit* ALE, aktual produksi yang diperoleh yaitu 9734,41 BCM/hari.

Semakin baik permukaan jalan tambang maka semakin lancar aktivitas alat angkut dalam proses *hauling overburden*, dengan dilakukannya evaluasi terhadap jalan tambang akan dapat meningkatkan kecepatan dari alat angkut yang mana akan mengurangi waktu edar dari alat angkut, sehingga secara otomatis akan dapat meningkatkan produktivitas dari alat angkut.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi IUP yang dilakukan oleh PT. Kalimantan Prima Persada *Site* MASS terletak didaerah Desa Riam Andungan, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Dimana lokasi tersebut secara Geografis terletak pada koordinat antara 3° 42'53" LS-3°43'38" LS dan 115°11'20"BT- 115°13'10" BT. Peta lokasi PT. KPP dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi PT. KPP

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 17 Maret 2018 s/d tanggal 17 Mei 2018. Lokasi penelitian ini terletak didaerah Desa Riam Andungan, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan.

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan, yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Dalam melaksanakan penelitian, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Metode penelitian kuantitatif

dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positifisme, kemudian dianalisis secara analisis statistik. Penafsiran hasil analisis berkaitan dengan analisis data yang telah dilakukan sehingga diperoleh kesimpulan penelitian dirumuskan diterima atau tidak^[1].

Dalam pelaksanaan penelitian ini data yang didapatkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapat melalui pengamatan secara langsung ke lapangan, sedangkan data sekunder adalah data yang didapat dari perusahaan, dari internet, dari buku-buku dan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan masalah yang diangkat menjadi judul.

3.2 Data dan Teknik Pengumpulannya

Adapun data dan teknik pengumpulannya yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang penulis peroleh langsung dari lapangan yaitu data pengambilan sampel material dari beberapa lapisan seperti *interburden Lower 2, Lower 1, Middle 25, Rover 1, Rover 2, Rover 3, Rover 4, Rover 5*, dan *overburden* untuk dilakukan uji rendam air untuk mengetahui perubahan fisik yang terjadi pada material sesudah dilakukannya pengujian untuk digunakan sebagai *base coarse* jalan tambang, pengambilan data *Dynamic Cone Pnetrometer* (DCP) untuk mengetahui nilai daya dukung tanah (CBR) jalan tambang dan pengambilan waktu edar (*cycle time*) alat angkut HD 785 untuk mengetahui kecepatan dan produktivitas dari alat angkut tersebut.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penulis dari studi *literature* PT. Kalimantan Prima Persada. Untuk mendukung data-data penelitian seperti data curah hujan, *layout* jalan tambang, dan data pendukung lainnya.

3.2 Teknik Pengolahan Data

Dengan adanya data, maka diperlukan teknik pengolahannya, teknik pengolahan data sebagai berikut:

3.2.1 Uji Rendam

Uji rendam dilakukan untuk mengetahui kondisi perubahan fisik yang terjadi pada material, kondisi material yang diuji seperti daya tekan (kupas) permukaan material, kondisi air dan tinggi endapan yang terjadi setelah material direndam. Dengan parameter untuk menentukan kekerasan material dengan cara menekan pakai jari untuk mengetahui apakah material keras, berpasir serta lunak atau mudah hancur

(dikupas) menggunakan air normal dengan PH sekitar 6-7, dimana pengujian rendam dilakukan selama 12 jam.

3.2.2 Uji DCP

Uji DCP dilakukan untuk mengetahui nilai CBR *subgrade*, apakah nilai CBR (daya dukung tanah) mampu untuk menerima beban alat angkut yang melaluinya, serta melakukan evaluasi terhadap nilai CBR yang belum mampu menerima beban alat angkut atau yang belum memenuhi syarat idealnya dengan cara seperti penambahan *base coarse*, *scrub* dan *compacting*^{[2][3][4]}.

3.2.3 Cycle Time

Waktu yang diperlukan oleh alat mekanis untuk menyelesaikan sekali putaran kerja dari mulai kerja sampai dengan selesai dan bersiap-siap memulainya kembali. Sehingga nantinya dari waktu edar (*cycle time*) akan didapatkan kecepatan dari alat angkut HD 785 yang bermuatan maupun yang kosong dan dapat diperoleh produktivitas dari alat angkut HD 785 tersebut.^[5]

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Data

4.1.1 Uji Rendam

Data yang diperoleh dilapangan untuk dilakukan uji rendam yaitu material *Interburden (IB) Lower 2, Lower 1, Middle 25, Rover 1, Rover 2, Rover 3, Rover 4, Rover 5*, dan *overburden*.

4.1.2 Uji DCP

Contoh data uji DCP pada STA 0-100 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji DCP STA 0-100

DINAMIC CONE PENETROMETER TEST (DCPT)					
Project : Mass					
Location : Jalan Anthea STA 0-100					
Test No. : DCP 01					
Weather : Cloudy					
Blows No.	Depth (mm)	CBR (%)	Bacaan		Selisih
			(Cm)	(mm)	
0	0	0	0	0	0
1	10	20	1	10	10
2	25	14	2.5	25	15
3	30	50	3	30	5
4	47	12	4.7	47	17
5	60	16	6	60	13
6	70	20	7	70	10
7	85	14	8.5	85	15
8	105	10	10.5	105	20
9	120	14	12	120	15
10	140	10	14	140	20
11	153	16	15.3	153	13
12	160	35	16	160	7
13	163	80	16.3	163	3
14	168	50	16.8	168	5

Perhitungan nilai *base coarse* ideal sebagai berikut:

Beban Roda (P) : 52,933 Ton/Set
: 529,33 kN/set

Tekanan Ban (p) : 110 Ib/In²
: 758 kPa

Rutting izin (s) : 25 mm

Volume Kendaraan Harian :1500

f_s : 75 mm, f_c : 30 kPa
 N_c : 3,14 dan J : 0 (Tanpa Perkuatan)
 ω : 1, ϵ : 0,9, n : 2 (Konstanta)

$$P_{h=0} = (S/f_s) \pi r^2 \cdot N_c \cdot f_c \cdot CBR_{sg} \quad (1)$$

$$P = (25 \text{ mm}/75 \text{ mm})^{3,14} (0,471 \text{ m})^2 \cdot 3,14 (30 \text{ kPa}) \cdot CBR_{sg}$$

$$794 \text{ kN} = 21,8 \text{ kN} \cdot CBR_{sg}$$

$$CBR = 36$$

Jadi, nilai CBR_{bc} ideal 36 %

4.1.3 Produktivitas HD785

4.1.3.1 Data produksi sebelum perbaikan jalan

Dari data CBR dan kondisi jalan yang ada diperoleh data untuk perhitungan produktivitas seperti^[6]:

- 1) Cycle Tyme (Cta) = 978,1 detik
- 2) Efisiensi Kerja Alat (E) = 75 %
- 3) Banyak Bucket (n) = 9
- 4) Kapasitas Bucket (q1) = 6,7 m³
- 5) Bucket Fill Factor (K) = 85 %

4.1.3.2 Data Produksi sesudah perbaikan jalan

Dari evaluasi yang dilakukan terhadap beberapa segmen jalan tambang pada jalan Anthea, diperoleh data untuk perhitungan produktivitas seperti:

- 1) Cycle Tyme (Cta) = 910,5 detik
- 2) Efisiensi Kerja Alat (E) = 75 %
- 3) Banyak Bucket (n) = 9
- 4) Kapasitas Bucket (q1) = 6,7 m³
- 5) Bucket Fill Factor (K) = 85 %

4.2 Hasil

Dari pengamatan lapangan yang telah dilakukan didapatkan data-data sebagai berikut:

4.2.1 Uji Rendam

4.2.1.1 Uji Rendam Material IB Lower 2

Hasil uji IB *lower 2* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Rendam IB *Lower 2*

Uji Rendam L2		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 3 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.2 Uji Rendam Material IB *Lower 1*

Hasil uji IB *lower 1* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Rendam IB *Lower 1*

Uji Rendam L1		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 3 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras
		Bisa Dikupas
		Tinggi endapan 5 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.3 Uji Rendam Material IB *Middle 25*

a. Hasil uji IB *Middle 25* (1) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Rendam IB *Middle 25* (1)

Uji Rendam MD 25 (1)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras
		Bisa Dikupas
		Tinggi endapan 3 mm
		Kondisi Air Keruh

b. Hasil uji IB *Middle 25* (2) dapat dilihat pada Tabel 4.



Tabel 4. Hasil Uji Rendam IB *Middle 25* (2)

Uji Rendam MD 25 (2)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 1 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras
		Bisa Dikupas
		Tinggi endapan 1 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.4 Uji Rendam Material IB *Rover 1*

a. Hasil uji IB *Rover 1* (1) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Rendam IB *Rover 1* (1)

Uji Rendam R1 (1)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras Berpasir
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras Berpasir
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 3 mm
		Kondisi Air Keruh

b. Hasil uji IB *Rover 1* (2) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Rendam IB *Rover 1* (2)

Uji Rendam R1 (2)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras berpasir
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras berpasir
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 4 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.5 Uji Rendam Material IB *Rover 2*


a. Hasil uji IB *Rover 2* (1) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Rendam IB *Rover 2* (1)

Uji Rendam R2 (1)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 3 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 4 mm
		Kondisi Air Keruh

b. Hasil uji IB *Rover 2* (2) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Rendam IB *Rover 2* (2)

Uji Rendam R2 (2)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 1 mm
		Kondisi Air Keruh
Sesudah		permukaan keras
		Sulit Dikupas
		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.6 Uji Rendam Material IB Rover 3

a. Hasil uji IB Rover 3 (1) dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Rendam IB Rover 3 (1)

Uji Rendam R3 (1)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras berpasir
		Sulit Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		permukaan lembek
		Bisa Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 1 cm
		Kondisi Air Keruh

b. Hasil uji IB Rover 3 (2) dapat dilihat pada Tabel 9.

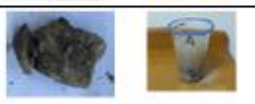
Tabel 10. Hasil Uji Rendam IB Rover 3 (2)

Uji Rendam R3 (2)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras berpasir
		Sulit Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 4 mm
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		permukaan keras
		Bisa Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 1.2 cm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.7 Uji Rendam Material IB Rover 4

Hasil uji IB Rover 4 dapat dilihat pada Tabel 11.





Tabel 11. Hasil Uji Rendam IB Rover 4

Uji Rendam (R4)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras berpasir
		Sulit Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 3 mm
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		permukaan keras
		Bisa Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 8 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.8 Uji Rendam Material IB Rover 5

a. Hasil uji IB Rover 5 (1) dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji Rendam IB Rover 5 (1)

Uji Rendam R5 (1)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan keras berpasir
		Sulit Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 1 mm
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		permukaan keras
		Bisa Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 4 mm
		Kondisi Air Keruh

b. Hasil uji IB Rover 5 (2) dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Uji Rendam IB Rover 5 (2)

Uji Rendam R5 (2)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		Permukaan Keras
		Sulit Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan < 1 mm
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		Permukaan Lunak
		Bisa Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 5 mm
		Kondisi Air Keruh

c. Hasil uji IB Rover 5 (3) dapat dilihat pada Tabel 14.





Tabel 14. Hasil Uji Rendam IB Rover 5 (3)

Uji Rendam R5 (3)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		Permukaan Keras
		Sulit Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 2 mm
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		Permukaan Lembek
		bisa Dikupas
Sesudah		Tinggi endapan 6 mm
		Kondisi Air Keruh

4.2.1.9 Uji Rendam Material Overburden (OB)




a. Hasil uji Overburden (1) dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji Rendam Overburden (1)

Uji Rendam OB (1)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan lunak berpasir
		Bisa Dikupas
Sesudah		Semua Endapan
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		permukaan lembek
		bisa Dikupas
Sesudah		Semua Endapan
		Kondisi Air Keruh

b. Hasil uji Overburden (2) dapat dilihat pada Tabel 16.

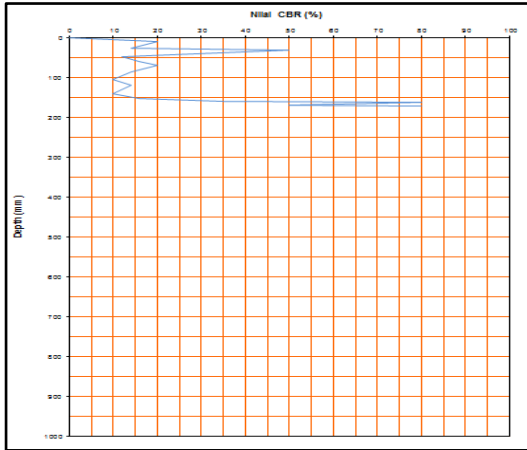
Tabel 16. Hasil Uji Rendam Overburden(2)

Uji Rendam OB (2)		
Keadaan	Gambar	Kondisi
Sebelum		permukaan lunak
		bisa Dikupas
Sesudah		Semua Endapan
		Kondisi Air Keruh
Sebelum		permukaan lembek
		bisa Dikupas
Sesudah		Semua Endapan
		Kondisi Air Keruh

4.2.2 Uji DCP

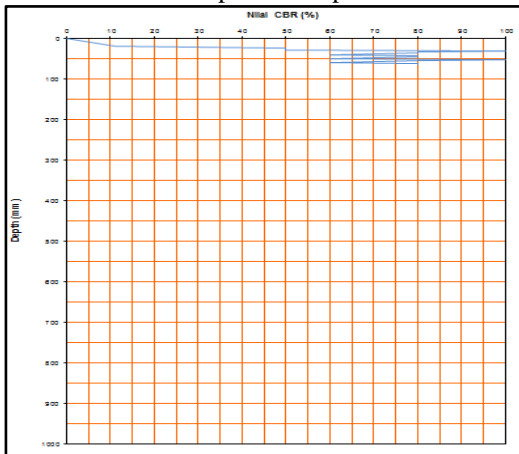
4.2.2.1 Jalan Anthea

- a. STA 0-100, diperoleh Rata-rata CBR 24 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 2.



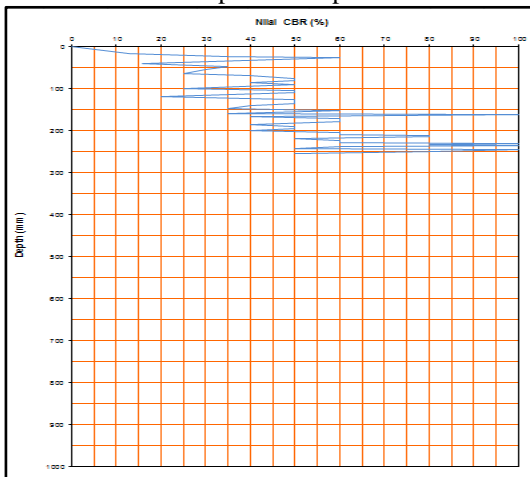
Gambar 2. Grafik Nilai CBR STA 0-100

- b. STA 100-200, diperoleh Rata-rata CBR 70 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 3.



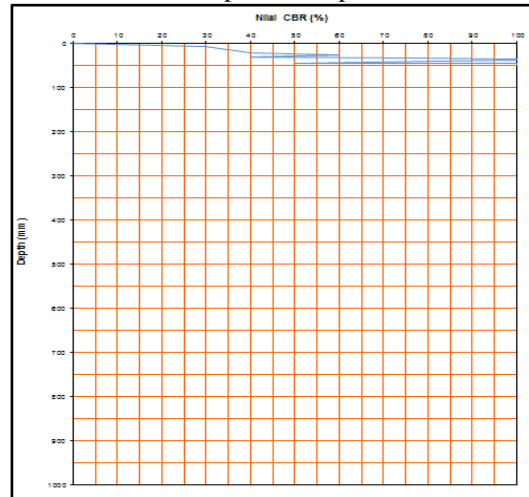
Gambar 3. Grafik Nilai CBR STA 100-200

- c. STA 200-300, diperoleh Rata-rata CBR 45 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 4.



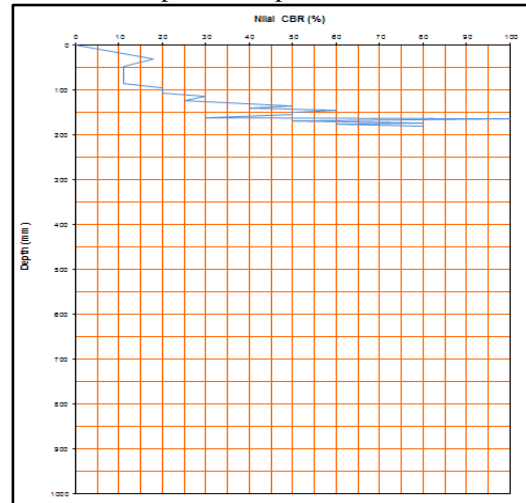
Gambar 4. Grafik Nilai CBR STA 200-300

- d. STA 300-400, diperoleh Rata-rata CBR 50 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 5.



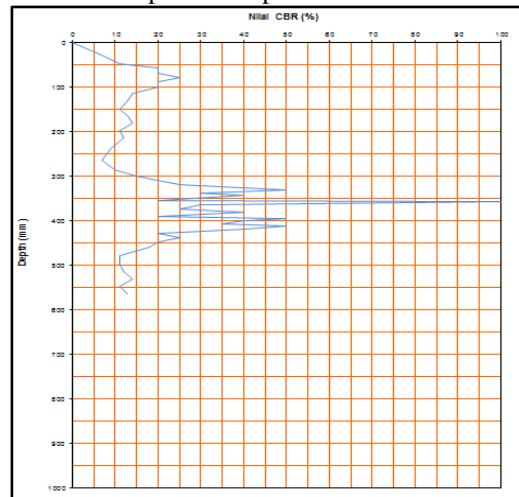
Gambar 5. Grafik Nilai CBR STA 300-400

- e. STA 400-500, diperoleh rata-rata CBR 45 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 6.



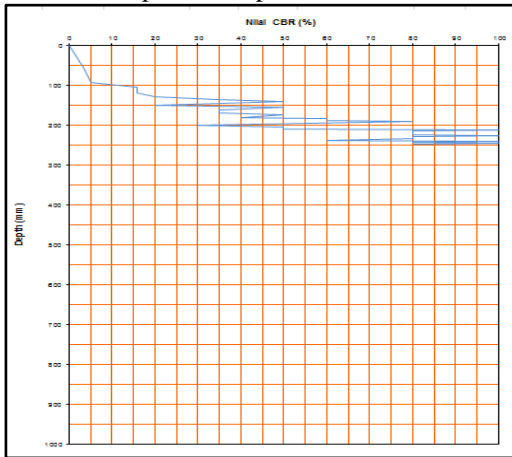
Gambar 6. Grafik Nilai CBR STA 400-500

- f. STA 500-600, diperoleh rata-rata CBR 20 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 7.



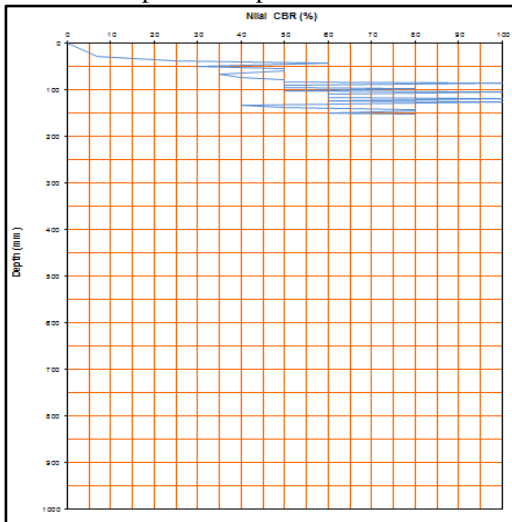
Gambar 7. Grafik Nilai CBR STA 500-600

- g. STA 600-700, diperoleh rata-rata CBR 40 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 8.



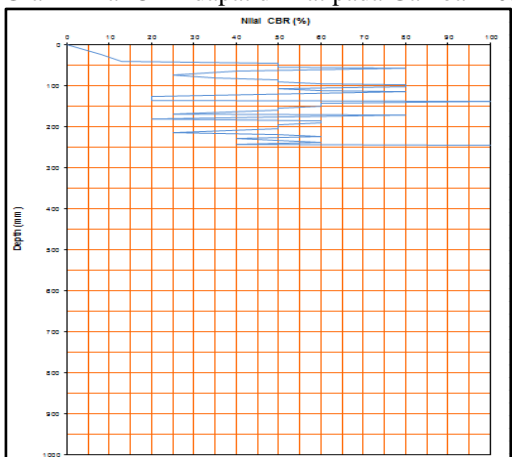
Gambar 8. Grafik Nilai CBR STA 600-700

- h. STA 700-800, diperoleh rata-rata CBR 60 % Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 9.



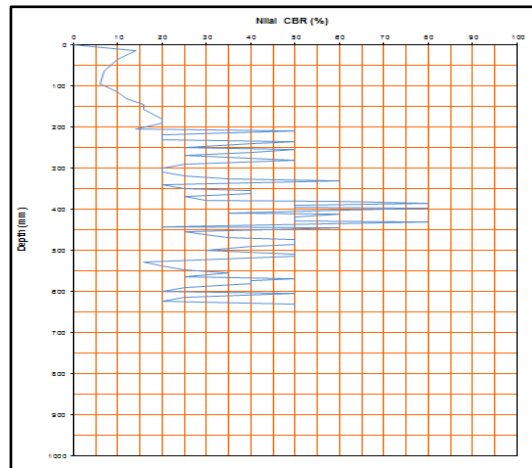
Gambar 9. Grafik Nilai CBR STA 700-800

- i. STA 800-900, diperoleh Rata-rata CBR 50 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 10.



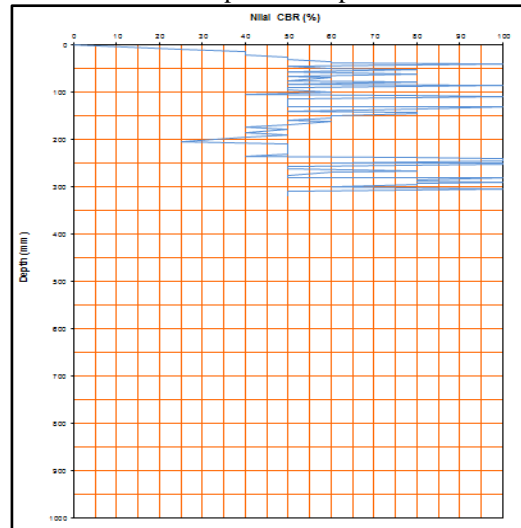
Gambar 10. Grafik Nilai CBR STA 800-900

- j. STA 900-1000, diperoleh Rata-rata CBR 30 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Nilai CBR STA 900-1000

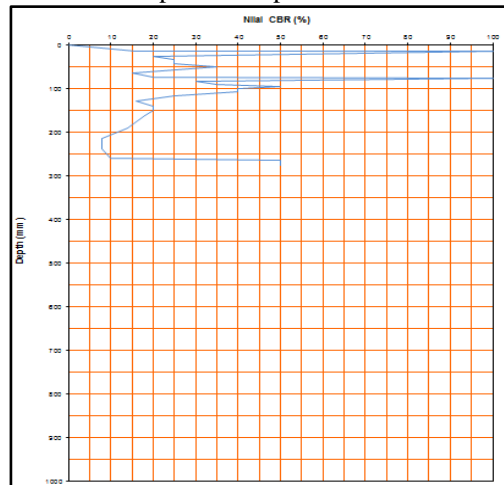
- k. STA 1000-1100, diperoleh Rata-rata CBR 50 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Nilai CBR STA 1000-1100

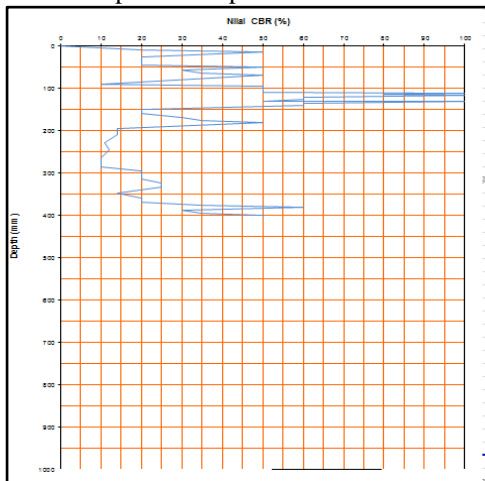
4.1.3.2 Jalan Gotik

- a. STA 0-100, diperoleh Rata-rata CBR 20 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 13.



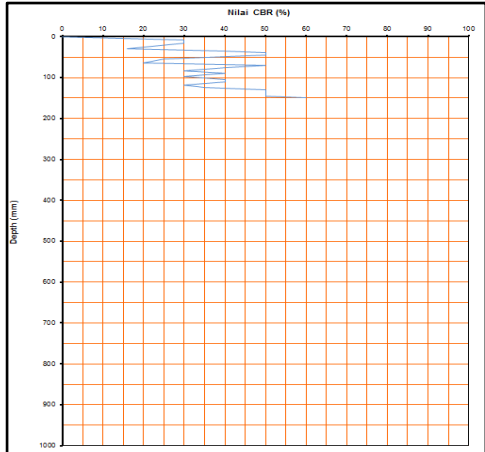
Gambar 13. Grafik Nilai CBR STA 0-100

- b. STA 100-200, diperoleh Rata-rata CBR 25 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 14.



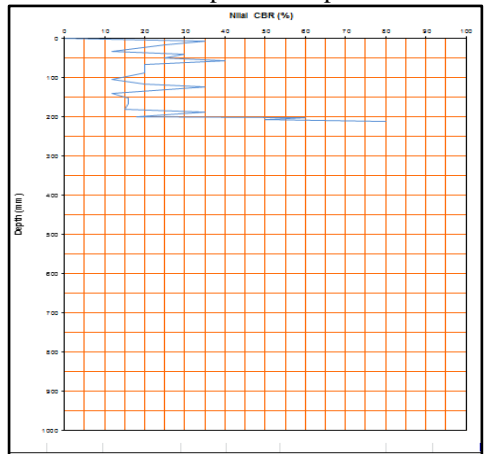
Gambar 14. Grafik Nilai CBR STA 100-200

- c. STA 200-300, diperoleh Rata-rata CBR 30 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 15.



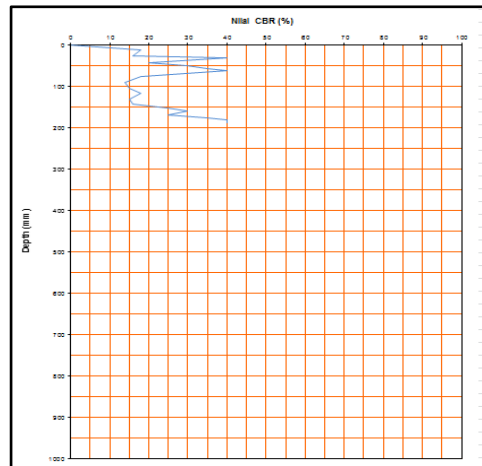
Gambar 15. Grafik Nilai CBR STA 200-300

- d. STA 300-400, diperoleh Rata-rata CBR 28 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Nilai CBR STA 300-400

- e. STA 400-500, diperoleh Rata-rata CBR 25 %. Grafik nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Nilai CBR STA 400-500

4.2.3 Produktivitas Alat Angkut HD 785

4.2.3.1 Produktivitas Sebelum Perbaikan Jalan Anthea

Dari data CBR dan kondisi jalan yang ada diperoleh nilai waktu edar alat angkut aktual sebelum perbaikan yaitu 978,1 detik.

Sehingga diperoleh produktivitas alat angkut HD785 dengan menggunakan rumus rochmanhadi yaitu :

$$Cta = 978,1 \text{ detik}$$

$$E = 75 \%$$

$$N \text{ bucket} = 9$$

$$q1 = 6,7 \text{ m}^3$$

$$K = 85 \%$$

Kapasitas Persiklus :

$$q = q1 \times K \times n \quad (2)$$

$$= 6,7 \times 0,85 \times 9$$

$$= 51,25 \text{ m}^3$$

Produktivitas Alat Angkut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Ctm} \quad (3)$$

$$= \frac{51,25 \times 3600 \times 75 \%}{978,1}$$

$$= 141,47 \text{ LCM/Jam}$$

$$\text{Swell Factor} : 1,25$$

$$= \text{Produktivitas alat angkut} / \text{Swell Factor}$$

$$= 141,47 / 1,25$$

$$= 113,19 \text{ BCM/Jam}$$

$$\text{Jumlah alat angkut} : 4$$

$$\text{Jam kerja} : 21,5 \text{ jam}$$

Sehingga produksi alat angkut perhari yaitu :

$$= \text{Produktivitas alat angkut} \times \text{Jumlah alat angkut} \times \text{Jam Kerja}$$

$$= 113,19 \text{ BCM/Jam} \times 4 \times 21,5 \text{ jam}$$

$$= 9734,31 \text{ BCM/Hari}$$

4.2.3.2 Produktivitas Sesudah Perbaikan Jalan Anthea

Dari evaluasi yang dilakukan terhadap beberapa segmen jalan tambang pada jalan Anthea diperoleh peningkatan kecepatan alat angkut, sehingga terjadinya penurunan waktu edar alat angkut HD 785, nilai waktu edar alat angkut aktual setelah perbaikan jalan yaitu 910,5 detik.

Sehingga diperoleh produktivitas alat angkut HD785 dengan menggunakan rumus rochmanhadi yaitu :

$$\begin{aligned} Cta &= 910,5 \text{ detik} \\ E &= 75 \% \\ n &= 9 \\ q1 &= 6,7 \text{ m}^3 \\ K &= 85 \% \end{aligned}$$

Kapasitas Persiklus :

$$\begin{aligned} q &= q1 \times K \times n \\ &= 6,7 \times 0,85 \times 9 \\ &= 51,25 \text{m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas Alat Angkut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Ctm} = \frac{51,25 \times 3600 \times 75 \%}{910,5}$$

$$= 151,97 \text{ LCM/Jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Swell Factor} &: 1,25 \\ &= \text{Produktivitas alat angkut} / \text{Swell Factor} \\ &= 151,97 / 1,25 \\ &= 121,59 \text{ BCM/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah alat angkut} &: 4 \\ \text{Jam kerja} &: 21,5 \text{ jam} \\ \text{Sehingga produksi alat angkut perhari yaitu :} \\ &= \text{Produktivitas alat angkut} \times \text{Jumlah alat angkut} \times \text{Jam Kerja} \\ &= 121,59 \text{ BCM/Jam} \times 4 \times 21,5 \text{ jam} \\ &= 10457,41 \text{ BCM/Hari} \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

4.3.1 Uji Rendam

Uji rendam yang dilakukan terhadap beberapa material, maka diperoleh material yang cocok digunakan sebagai *base coarse* jalan dan tidak cocok sebagai *base coarse* jalan tambang. Material tersebut seperti:

a. Material Interburden (IB) Lower 2

Pada uji rendam IB *Lower 2* karena tidak terjadi perubahan signifikan maka material IB *Lower 2* disarankan bisa digunakan sebagai *base coarse* jalan tambang.

b. Material Interburden (IB) Lower 1

Pada uji rendam material IB *Lower 1*, karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB *Lower 1* tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

c. Material Interburden (IB) Middle 25

1) Uji rendam material IB Middle 25 (1)

Pada uji rendam material IB *Middle 25* (1), karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB *Middle 25* (1) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang

2) Uji rendam material IB Middle 25 (2)

Pada uji rendam material IB *Middle 25* (2), karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB *Middle 25* (2) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

d. Material Interburden (IB) Rover 1

1) Uji rendam material IB Rover 1 (1)

Pada uji rendam material IB *Rover 1* (1), karena tidak terjadi perubahan yang signifikan pada material, untuk itu material IB *Rover 1* (1) disarankan bisa digunakan sebagai *base coarse* jalan tambang.

2) Uji rendam material IB Rover 1 (2)

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB *Rover 1* (2) karena tidak terjadi perubahan yang signifikan pada material, untuk itu material IB *Rover 1* (2) disarankan bisa digunakan sebagai *base coarse* jalan tambang.

e. Material Interburden (IB) Rover 2

1) Uji rendam material IB Rover 2 (1)

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB *Rover 2* (1) karena tidak terjadi perubahan yang signifikan pada material, untuk itu material IB *Rover 2* (1) disarankan bisa digunakan sebagai *base coarse* jalan tambang.

2) Uji rendam material IB Rover 2 (2)

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB *Rover 2* (2) karena tidak terjadi perubahan yang signifikan pada material, untuk itu material IB *Rover 2* (2) disarankan bisa digunakan sebagai *base coarse* jalan tambang.

f. *Material Interburden (IB) Rover 3*

1) *Uji rendam material IB Rover 3 (1)*

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB Rover 3 (1) Karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB Rover 3 (1) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

2) *Uji rendam material IB Rover 3 (2)*

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB Rover 3 (2) Karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB Rover 3 (2) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

g. *Material Interburden (IB) Rover 4*

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB Rover 4 Karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB Rover 4 tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

h. *Material Interburden (IB) Rover 5*

1) *Uji rendam material IB Rover 5 (1)*

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB Rover 5 (1) karena terjadi perubahan fisik pada material, pada kondisi ini material IB Rover 5 (1) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

2) *Uji rendam material IB Rover 5 (2)*

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB Rover 5 (2) karena terjadi perubahan setelah dilakukan uji rendam maka material IB Rover 5 (2) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

3) *Uji rendam material IB Rover 5 (3)*

Pada uji rendam yang telah dilakukan terhadap material IB Rover 5 (3) karena terjadi perubahan setelah dilakukan uji rendam maka material material IB Rover 5 (3) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

i. *Material Overburden (OB)*

1) *Uji rendam material OB (1)*

Dapat dilihat kondisi permukaan material OB (1) lunak dan material mengendap semua, setelah dilakukan pengujian rendam material menjadi lumpur (lembek). Pada kondisi ini material OB (1) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

2) *Uji rendam material OB (2)*

Dapat dilihat kondisi permukaan material OB (2) lunak dan material mengendap semua, setelah dilakukan pengujian rendam material menjadi lumpur (lembek).

Pada kondisi ini material OB (2) tidak disarankan untuk *base coarse* jalan tambang.

Setelah dilakukan pengujian rendam terhadap beberapa material, diperoleh material yang tidak mengalami perubahan signifikan setelah uji rendam yaitu material IB Lower 2, Rover 1 dan Rover 2.

Maka berdasarkan uji rendam yang telah dilakukan material yang disarankan untuk digunakan sebagai *base coarse* jalan yaitu material IB Lower 2, Rover 1 dan Rover 2.

4.3.2 Uji DCP

4.3.2.1 Jalan Anthea

a. STA 0-100

Dari grafik STA 0-100 rata-rata nilai CBR yaitu 24 %, artinya CBR *subgrade* tidak memenuhi syarat ideal yaitu 36 %. Untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah *subgrade* dengan penambahan ketebalan *base coarse*, dengan menggunakan perhitungan *Unpaved road* (Giroud & Han) Perhitungan ketebalan *base coarse* seperti berikut [7]:

Radius Ekuivalen

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi p}} = \sqrt{\frac{529,33 \text{ kN}}{3,14 \cdot 758 \text{ kPa}}} = 0,471 \text{ m} \quad (4)$$

Kekuatan Subgrade :

$$\begin{aligned} P_{h=0} &= (S/f_s) \pi r^2 \cdot N_c \cdot f_c \cdot CBR_{sg} \\ &= \left(\frac{25 \text{ mm}}{75 \text{ mm}}\right) 3,14 (0,471 \text{ m})^2 3,14 (30 \text{ kPa}) 24 \\ &= 525,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban *subgrade* lebih kecil dari beban roda (525.96 < 529,33 kN), maka perlu penambahan *Base Coarse* :

Modulus Komposit :

$$\begin{aligned} R_\epsilon &= \min(3,48 CBR_{bc}^{0,3} / CBR_{sg}; 5) \\ &= \min(3,48 (36)^{0,3} / 24; 5) = 0,425 \end{aligned} \quad (5)$$

Rasio Modulus :

$$\begin{aligned} f_E &= 1 + 0,204(R_\epsilon - 1) \\ &= 1 + 0,204(0,425 - 1) = 0,883 \end{aligned} \quad (6)$$

Asumsi ketebalan *Base Coarse* = 0,6 m

$$\begin{aligned} m &= \left(\frac{s}{f_s}\right) (1 - \epsilon \exp(-\omega \left(\frac{r}{h}\right)^2)) \\ &= \left(\frac{25 \text{ mm}}{75 \text{ mm}}\right) (1 - (0,9) \exp(-0,1 \left(\frac{0,471 \text{ m}}{1,14 \text{ m}}\right)^2)) \\ &= 0,1715 \end{aligned} \quad (7)$$

Ketebalan *Base Coarse* :

$$\begin{aligned} h &= \frac{0,868 + (0,661 - 1,006 J_n^2)(r/h)^{1,5} \log N_a \left[\frac{P/(\pi r^2)}{\sqrt{m_{bc} N_c C_{u1}}} \right]}{f_E} \\ &= \frac{0,868 + (0,661 - 1,006 (0)^2)(0,515 \text{ m}/1,32 \text{ m})^{1,5} \log 1500}{0,935} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\sqrt{\frac{529,33 \text{ kN}/(3,14(0,471)^2)}{0,1715 \cdot 3,14 \cdot 450 \text{ kPa}}}$$

= 0,6 m

Maka pada STA 0-100 diperlukannya penambahan ketebalan *base coarse* 0,6 meter, sehingga daya dukung tanah pada STA 0-100 mencapai 36 % agar tidak terjadinya kerusakan pada jalan tambang tersebut.

b. STA 100-200

Dari grafik STA 100-200 rata-rata nilai CBR yaitu 70%, artinya CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat ideal. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-5 cm, agar tidak terjadi kerusakan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada jalan tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* untuk mengurangi angka pori pada jalan sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

c. STA 200-300

Dari grafik STA 200-300 rata-rata nilai CBR yaitu 45 %, artinya CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat ideal. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-5 cm, agar tidak terjadi kerusakan pada jalan tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* untuk mengurangi angka pori pada jalan sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

d. STA 300-400

Dari grafik STA 300-400 rata-rata nilai CBR yaitu 50 %, artinya CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat ideal. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-3 cm, agar tidak terjadi kerusakan pada jalan tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* untuk mengurangi angka pori pada jalan sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

e) STA 400-500

Dari grafik STA 100-200 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 45 % , dimana CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik, terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-10 cm, agar tidak terjadi kerusakan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada jalan tersebut, maka pada jalan perlu dilakukan *scrubbing* untuk mengurangi lapisan permukaan jalan yang tidak memenuhi syarat CBR ideal sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

f) STA 500-600

Dari grafik STA 500-600 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 20 %. Dimana CBR *subgrade* belum memenuhi syarat ideal, untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah (CBR) *subgrade* pada STA 500-600 yaitu dengan penambahan *base coarse*, untuk mengetahui ketebalan *base coarse* yang akan dilakukan yaitu dapat digunakan perhitungan *Unpaved road* (Giroud & Han). Perhitungan ketebalan *base coarse* seperti berikut :

Radius Ekuivalen

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{529,33 \text{ kN}}{3,14 \cdot 785 \text{ kPa}}} = 0,471 \text{ m}$$

Kekuatan Subgrade :

$$\begin{aligned} P_{h=0} &= (S/f_s) \pi r^2 \cdot N_c \cdot f_c \cdot CBR_{sg} \\ &= \left(\frac{25 \text{ mm}}{75 \text{ mm}}\right) 3,14 (0,471 \text{ m})^2 3,14 (30 \text{ kPa}) 20 \\ &= 522,741 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban *subgrade* lebih kecil dari beban roda (438,3031 kN < 529,33 kN), maka perlu penambahan *Base Coarse* :

Modulus Komposit :

$$\begin{aligned} R_E &= \min(3,48 CBR_{bc}^{0,3} / CBR_{sg}; 5) \\ &= \min(3,48 (36)^{0,3} / 20; 5) = 0,510 \end{aligned}$$

Ratio Modulus :

$$\begin{aligned} f_E &= 1 + 0,204(R_E - 1) \\ &= 1 + 0,204(0,510 - 1) = 0,900 \end{aligned}$$

Asumsi ketebalan *base coarse* = 0,77 m

$$\begin{aligned} m &= \left(\frac{S}{f_s}\right) (1 - \exp(-\omega \left(\frac{r}{h}\right)^2)) \\ &= \left(\frac{25 \text{ mm}}{75 \text{ mm}}\right) (1 - (0,9) \exp(-0,1 \left(\frac{0,471 \text{ m}}{0,77 \text{ m}}\right)^2)) = 0,1097 \end{aligned}$$

Ketebalan *Base Coarse* :

$$\begin{aligned} h &= \frac{0,868 + (0,661 - 1,006 J_n^2)(r/h)^{1,5} \log N_a}{f_E} \sqrt{\frac{P/(\pi r^2)}{m_{bc} N_c C_u}} \\ &= \frac{0,868 + (0,661 - 1,006 (0)^2)(0,471 \text{ m}/1,32 \text{ m})^{1,5} \log 1500}{0,900} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\frac{529,33 \text{ kN}/(3,14(0,471)^2)}{0,1097 \cdot 3,14 \cdot 600 \text{ kPa}}}$$

= 0,77 m

Maka pada STA 500-600 diperlukannya penambahan ketebalan *base coarse* 0,77 meter, sehingga daya dukung tanah pada STA 500-600 mencapai 36 % agar tidak terjadinya kerusakan pada jalan tambang tersebut.

g. STA 600-700

Dari grafik STA 600-700 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 40 % , dimana CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik,

terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-15 cm, agar tidak terjadi kerusakan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada jalan tersebut, maka pada jalan perlu dilakukan *scrubbing* untuk mengurangi lapisan permukaan jalan yang tidak memenuhi syarat CBR ideal sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

h. STA 700-800

Dari grafik STA 700-800 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 60 % , dimana CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik, terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-5 cm, agar tidak terjadi kerusakan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada jalan tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* lagi untuk mengurangi angka pori pada jalan sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

i. STA 800-900

Dari grafik STA 800-900 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 50 % , dimana CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik, terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-5 cm, agar tidak terjadi kerusakan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada jalan tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* lagi untuk mengurangi angka pori pada jalan sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

j. STA 900-1000

Dari grafik STA 900-1000 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 30 % , dimana CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi CBR belum maksimal untuk mencapai faktor aman. Dilihat dari grafik terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-20 cm, agar tidak terjadi kerusakan pada badan jalan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada kedalaman tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* lagi.

k. STA 1000-1100

Dari grafik STA 1000-1100 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 50 % , dimana CBR *subgrade* sudah memenuhi syarat untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh karena itu tidak diperlukannya penambahan *base coarse*, akan tetapi dilihat dari grafik, terdapat nilai CBR yang belum memenuhi syarat pada kedalaman 0-5 cm, agar tidak terjadi kerusakan seperti *rutting*, *corrugation* maupun *pothole* pada jalan tersebut, maka badan jalan perlu di *compact* lagi untuk

mengurangi angka pori pada jalan sehingga mencegah terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

Dari rumus perhitungan *base coarse* tanpa perkuatan, untuk CBR dibawah 36 % , maka perlu penambahan ketebalan *base coarse* seperti pada Tabel 17.

Tabel 17. Penambahan *Base Coarse*

CBR (%)	<i>Base Coarse</i> (m)
0 – 5	2
5 – 10	2 – 1,53
10 – 15	1,53 – 1,14
15 – 20	1,14 – 0,77
20 – 25	0,77 – 0
25 – 30	0
30 – 35	0
35 – 40	0

4.3.2.2 Jalan Gotik

a. STA 0-100

Dari grafik CBR STA 0-100 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 20 % . Dimana CBR *subgrade* belum memenuhi syarat ideal, untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah (CBR) *subgrade* pada jalan gotik STA 0-100 yaitu dengan penambahan *base coarse* 0,77 meter (Tabel 2)

b. STA 100-200

Dari grafik CBR STA 100-200 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 25 % . Dimana CBR *subgrade* sudah mampu menahan beban roda dengan kekuatan *subgrade* nya yaitu 547,789 kN , akan tetapi belum memenuhi syarat ideal (36%), untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah (CBR) *subgrade* pada jalan gotik STA 100-200 yaitu dengan cara di *compact* atau di *scrub* pada kedalaman 100 mm.

c. STA 200-300

Dari grafik CBR STA 200-300 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 30 % . Dimana CBR *subgrade* sudah mampu menahan beban roda dengan kekuatan *subgrade* nya yaitu 657,455 kN , akan tetapi belum memenuhi syarat ideal (36 %), untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah (CBR) *subgrade* pada jalan gotik STA 200-300 yaitu dengan cara di *compact*.

d. STA 300-400

Dari grafik CBR STA 300-400 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 28 % , artinya CBR *subgrade* sudah mampu menahan beban roda dengan kekuatan *subgrade* nya yaitu 613,624 KN. akan tetapi belum memenuhi syarat ideal CBR 36 % , untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah (CBR) *subgrade* pada jalan gotik

STA 300-400 yaitu dengan cara di *scrubbing* pada kedalaman 200 mm.

e. STA 400-500

Dari grafik CBR STA 400-500 dapat dilihat rata-rata nilai CBR yaitu 25 %, artinya CBR *subgrade* sudah mampu menahan beban roda dengan kekuatan *subgrade* nya yaitu 547,879 KN. Akan tetapi belum memenuhi syarat ideal CBR 36 %, untuk dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah (CBR) *subgrade* pada jalan gotik STA 400-500 yaitu dengan cara di *Scrubbing* pada kedalaman 170 mm.

Maka dari uji DCP yang dilakukan pada jalan Anthea diperoleh rata-rata CBR yaitu 44% , sedangkan di jalan Gotik yaitu 25,6%. Berdasarkan pengamatan pada jalan Anthea material yang digunakan sebagai *base coarse* jalan yaitu material *rover 1* dan *rover 2*, sedangkan pada jalan Gotik yaitu material *rover 3*. Sehingga dapat diketahui ketika uji rendam baik maka CBR > 36 %, sedangkan ketika uji rendam buruk maka CBR < 36 %. Maka dari itu berdasarkan uji rendam material yang bisa digunakan sebagai *base coarse* jalan yang memenuhi syarat CBR lebih dari 36 % yaitu material yang tidak mengalami perubahan yang signifikan ketika dilakukan uji rendam. ^{[8][9][10][11]}

4.3.3 Produktivitas Alat Angkut HD785

Setelah dilakukannya evaluasi pada jalan Anthea, terjadi perubahan *travel time* alat angkut. *Travel time* alat angkut bermuatan yaitu 378,8 detik berkurang menjadi 344,8 detik setelah perbaikan jalan. Sedangkan *travel time* alat angkut pada saat kembali kosong berkurang dari 301,8 detik menjadi 269,1 detik setelah dilakukan perbaikan jalan.

Sehingga diperoleh kenaikan tingkat kecepatan rata-rata alat angkut saat melewati jalan. Pada saat bermuatan sebelum perbaikan jalan, kecepatan alat angkut yaitu 25,69 Km/jam, sedangkan setelah dilakukan perbaikan jalan kecepatan rata-rata alat angkut meningkat menjadi 28,23 Km/jam. Kemudian pada saat kembali kosong, sebelum perbaikan jalan dilakukan alat angkut memiliki kecepatan rata-rata sebesar 32,23 Km/jam, dan setelah dilakukan perbaikan jalan kecepatannya dapat meningkat menjadi 36,15 Km/jam. Hal ini berarti terjadi peningkatan kecepatan rata-rata alat angkut baik dalam keadaan bermuatan yaitu 2,54 Km/jam dan dalam keadaan kembali kosong yaitu 3,92 Km/jam dengan jarak 2,7 Km.

Perubahan ini dikarenakan berkurangnya kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan tambang seperti berkurangnya lendutan (*rutting*), jalan bergelombang dan jalan berlubang (*pothole*), sehingga dapat mengurangi waktu bagi alat angkut untuk menurunkan kecepatannya. Pada saat jalan dalam keadaan berlubang, alat angkut akan cenderung menurunkan kecepatannya untuk menghindari terjadinya tumpahan pada material yang dibawanya. Dengan keadaan jalan yang rata, maka akan mengurangi waktu bagi alat angkut untuk menurunkan kecepatannya sehingga secara otomatis akan menaikkan

kecepatan rata-rata alat angkut tersebut, baik pada saat pergi bermuatan untuk menuju disposal maupun pada saat kembali dalam keadaan kosong menuju loading point.

Pada kondisi terjadinya perubahan *travel time* maka dapat mempengaruhi produktivitas dari alat angkut baik sebelum dilakukan perbaikan jalan dengan kondisi setelah dilakukannya perbaikan jalan angkut. Pada kondisi jalan sebelum dilakukan perbaikan jalan angkut, dengan total waktu edar 978,1 detik, diperoleh produktivitas alat angkut 113,19 BCM/jam. Setelah dilakukan perbaikan pada jalan, diperoleh peningkatan total waktu edar menjadi 910,5 detik, sehingga diperoleh peningkatan produktivitas alat angkut menjadi 121,59 BCM/jam. Dari hasil perbandingan produksi alat angkut sebelum dan sesudah perbaikan jalan angkut, diperoleh peningkatan produksi sebesar 8,4 BCM/jam untuk satu alat angkut, sehingga diperoleh produksi *overburden* sebelum dilakukan perbaikan jalan yaitu 9734,31 BCM/Hari dan setelah dilakukan perbaikan jalan diperoleh produksi alat angkut yaitu 10457,41 BCM/Hari. Sehingga setelah dilakukan perbaikan pada jalan Anthea target produksi 1 *fleet* telah mencapai target 10.00 BCM/hari. ^{[12][13]}

4.3.4 Proses Perbaikan Jalan

4.3.4.1 Penambahan Ketebalan Base Coarse

Penambahan ketebalan *base coarse* dilakukan untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah yang tidak memiliki nilai daya dukung yang memenuhi syarat ideal, agar jalan tambang mampu menopang beban dari alat angkut yang akan melaluinya. Proses penambahan ketebalan *base coarse* pertama dilakukan persiapan alat seperti Buldozer yang berfungsi untuk meratakan material sebagai bahan timbunan jalan, kemudian dilakukan kegiatan *compacting* untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah agar mencapai syarat ideal. Proses penambahan ketebalan *base coarse* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Penambahan Ketebalan *Base Coarse*

4.3.4.2 *Compacting* (Pemadatan)

Kegiatan pemadatan dilakukan untuk meningkatkan berat volume tanah (*density*) dan daya dukung tanah (*bearing capacity*) dengan cara mengurangi rongga pori antar partikel material. Alat yang digunakan untuk kegiatan pemadatan yaitu *compactor*. Proses pemadatan yang dilakukan terhadap beberapa segmen dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pematatan Jalan Tambang

4.3.4.3 Scrubbing

Kegiatan *scrubbing* merupakan proses pembongkaran lapisan permukaan jalan yang tidak memiliki nilai daya dukung tanah yang ideal, kegiatan *scrubbing* dilakukan pada permukaan jalan yang tidak memenuhi syarat ideal pada kedalaman tertentu. Alat yang digunakan untuk proses *scrubbing* yaitu *motor grader* dan *Buldozer*. Kegiatan *scrubbing* yang dilakukan pada beberapa segmen jalan dapat dilihat pada Gambar 20.^{[14][15]}



Gambar 20. Proses *Scrubbing*

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Dari uji rendam material yang dilakukan, material yang disarankan untuk bahan *base coarse* jalan yaitu material *IB Lower 2*, *Rover 1* dan *Rover 2*, karena material tersebut yang tidak mengalami perubahan signifikan setelah dilakukannya uji rendam.
2. Pada jalan Anthea menggunakan material *Rover 1* dan *Rover 2* diperoleh rata-rata nilai CBR 44 %, dan pada jalan Gotik dengan menggunakan material *Rover 3* diperoleh rata-rata nilai CBR 25,6 %.
3. Dari penelitian yang dilakukan upaya yang dilakukan untuk peningkatan terhadap nilai CBR jalan tambang yaitu dengan pemilihan material yang cocok untuk dijadikan *base coarse* jalan tambang dan melakukan evaluasi dengan cara penambahan ketebalan lapisan *base coarse*, pematatan (*compacting*) serta *scrubbing*.
4. Setelah dilakukannya perbaikan terhadap jalan anthea diperoleh peningkatan waktu edar alat angkut dari 978,1 detik, menjadi 910,5 detik. Sehingga diperoleh peningkatan produktivitas alat angkut dari 113,19 BCM/Jam menjadi sebesar 121,59 BCM/Jam.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan yaitu melakukan pengujian DCP setiap minggunya atau satu kali dua minggu untuk mengevaluasi terjadinya perubahan terhadap nilai CBR *subgrade*, karena dengan baiknya nilai daya dukung tanah jalan maka akan mencegah kerusakan yang akan terjadi pada jalan tambang sehingga mendukung kelancaran proses kegiatan penambangan dan dapat meningkatkan produktivitas alat angkut HD 785.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung : UNY. (2015).
- [2] Prisilia, dkk. *Hubungan Nilai CBR Laboratorium dan DCP pada Tanah yang dipadatkan pada Ruas Jalan Wori– Likupang Kabupaten Minahasa Utara*. Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Sipil Statik* **1**, 5 (2013).
- [3] Leni, Sriharyani. *Kajian Penggunaan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) untuk Uji Lapangan pada Tanah Dasar Pekerjaan Timbunan Apron*. Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro. *Jurnal Tapak* **5**, 2 (2016).
- [4] Johnadi R. Purba. *Korelasi Antara Hasil Uji Dynamic Cone Penetrometer dengan Nilai CBR*. Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha.
- [5] Rochmanhadi. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta:Departemen Pekerjaan Umum. (1990).
- [6] Komatsu. *Spesifications & application handbook edition 30*. Jepang:Komatsu Ltd. (2009).
- [7] Djarwadi, D. *Training Hauling Road*. Jakarta : PT. PAMA PERSADA NUSANTARA. (2014).
- [8] Dian Agung Saputro. *Penentuan Jenis Pemeliharaan Jalan dengan Menggunakan Metode Bina Marga Kecamatan Jabung Kabupaten Malang*. Teknik Sipil, Universitas Wishnuwardhana Malang. *Jurnal Ilmu-ilmu teknik* **10**, 2 (2014).
- [9] Faradilla Witha Fernanda. *Evaluasi Ramp pada Pit Tutupan untuk Dump Truck komatsu HD 1500-7 di PT. Pama Persada Nusantara Jobsite PT. Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan*. Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat. (2011).
- [10] Thoni Riyanto, dkk. *Evaluasi Jalan Tambang berdasarkan Geometri dan Daya Dukung pada Lapisan Tanah Dasar Pit Tutupan area Highwall PT. Pama Indo Mining*. Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Himasapta* **1**, 2 (2016).
- [11] Yahdi A. *Aplikasi Daya Dukung Tanah terhadap Pemilihan Tipe Alat Kerja di Area Pit Tambang Terbuka*. Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Yogyakarta. *Jurnal Prosiding XXII PERHAPI* (2013).

- [12] Jaka G. Wicaksono, dkk. (2016). *Pengaruh Perubahan Struktur Lapis Jalan terhadap Produktivitas Alat Angkut di PT. Kalimantan Prima Persada Job Site Rantau*. Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Himasapta* **1**, 1 (2016).
- [13] M. Azmi Rahman, dkk. *Analisa Kelayakan Jalan Angkut Tambang berdasarkan Geometri dan Material Perkerasan Jalan di PT. Sapta Indra Sejati (SIS)*. Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Geosapta* **2**, 2 (2016).
- [14] Awang Suwandi. *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung : UNISBA. (2004).
- [15] Rendi Julianto Elsa. *Kajian Daya Dukung Pondasi Jalan untuk Relokasi Jalan Lingkar Townsite pada PT. Bukit Asam (persero), Tbk Unit Penambangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang. (2018).