

Perencanaan Jalan Transportasi Batubara dari *Stockpile* Menuju Dermaga oleh PT Atrya Swascipta Rekayasa di Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan

Hauling Design for Coal Transportation from Stockpile to Dock by PT Atrya Swascipta Rekaya at Tapin Regency Province South Kalimantan.

¹Annisa Noorraya, ²Zaenal, ³Indra Karna Wijaksana

^{1,2}*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,*

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email : ¹nnisa48@yahoo.co.id, ²zaenal_mq@yahoo.com, ³indra_k_wijaksana@yahoo.com

Abstract. Hauling road is one of medium that needed in mining activity, the function is as connected one location to another location. Hauling road is needed not only when extract the material but also needed when processing the material even for selling. Therefore designig hauling road both optimally and/or efficiently. Hauling road designing is done to obtain road geometry to be applied, besides road geometry we have to design of thickness pavement which will withstand load of passing dump trucks. Thereafter based on the road design we need to know the traveling time with the distance 28,6 km and maximum speed 40 km/hour, from traveling speed we will calculate dump trucks needs based production target 5.000.000 ton/year. In hauling road designing the data that are required is topography map, with the output is layout map. From layout map will get the grade design. Another data that required is laboratory test report and dump trucks specification. The laboratory test report are include physical properties test and mechanical properties test. The physical properties test are density, water content, specific of gravity and grainsize. Whilst the mechanical properties test are Standard Penetration Test and California Bearing Ratio. Based on the design, the result are minimum road width is 15,93 m while for minimum road turn width is 27,80 m. The superelevation is 0,015° - 0,091° and cross slope 20,27 - 126,71 cm. For design of thickness pavement the sub base using sand gravel with CBR 30 need pile for minimum thickness 25 cm and for base using crushed stone with CBR 60 need pile for minimum thickness 87,08 cm. So that the soil bearing capacity based on the used thickness pavement materials is 9,77 kg/cm² will be able to withstand the dump trucks load 7,81 kg/cm². The travelling time is 102,15 minutes or 1 hour 42 minute 9 second. Where the dump truck through the road distance 28,69 km with maximum speed 40 km/hour. Thereafter with dump truck productivity 8,49 LCM/hour/unit needed dump truck 197 unit.

Keywords: Hauling Road Width, Cross Slope, Road Carrying Capacity Against Load, and Slope of Roads.

Abstrak. Jalan angkut merupakan salah satu sarana yang dibutuhkan dalam kegiatan penambangan, dimana jalan berfungsi menghubungkan satu titik lokasi menuju lokasi lain. Jalan angkut tambang dibutuhkan baik untuk kegiatan penambangan, pengolahan, hingga penjualan. Dengan kebutuhan akan jalan angkut maka diperlukannya perencanaan jalan tambang baik secara maksimal dan/atau efisien. Perencanaan jalan transportasi dilakukan untuk mendapatkan geometri jalan yang akan diterapkan, selain geometri jalan perlu juga diketahui desain tebal perkerasan jalan yang dapat menahan beban kendaraan yang melintas di atas jalan tersebut. Kemudian berdasarkan desain jalan yang telah dibuat perlu diketahui waktu tempuh kendaraan yang melintas pada jalan yang berjarak 28,6 km dengan kecepatan maksimal 40 km/jam, dari waktu tempuh akan didapatkan kebutuhan alat angkut berdasarkan target pengangkutan sebesar 5.000.000 ton/tahun. Dalam melakukan perencanaan jalan tambang diperlukan data berupa peta topografi, dimana peta topografi tersebut akan menghasilkan peta layout. Dari peta layout didapatkannya rancangan kemiringan jalan. Kemudian data lainnya yang dibutuhkan adalah hasil uji laboratorium dan spesifikasi alat angkut yang akan digunakan. Hasil uji laboratorium berupa uji sifat fisik dan sifat mekanik. Sifat fisik terdiri dari massa jenis, kandungan air, spesifik gravitasi, dan ukuran butir. Sedangkan sifat mekanik terdiri dari Standard Penetration Test dan California Bearing Ratio. Berdasarkan rencana yang telah dilakukan, didapatkan hasil lebar minimum jalan angkut sebesar 15,93 m sedangkan untuk lebar minimum pada tikungan sebesar 27,80 m. Kemudian nilai superelevasi sebesar 0,015° - 0,091° dan cross slope sebesar 20,27 - 126,71 cm. Untuk desain tebal perkerasan jalan pada lapisan dasar bawah menggunakan material sand gravel dengan nilai CBR sebesar 30 membutuhkan penimbunan minimum sebesar 25 cm dan untuk lapisan pondasi atas menggunakan crushed stone dengan nilai CBR sebesar 60 membutuhkan penimbunan minimum sebesar 87,08 cm. Sehingga daya dukung tanah berdasarkan material perkerasan jalan yang digunakan sebesar 9,77 kg/cm² akan mampu

menahan beban kendaraan yang digunakan dengan beban sebesar 7,81 kg/cm². Waktu tempuh untuk melalui jalan transportasi dengan rencana yang dibuat sebesar 102,15 menit atau 1 jam 42 menit 9 detik. Dimana kendaraan melalui jalan yang berjarak 28,69 km dengan kecepatan maksimal 40 km/jam. Sehingga dengan produktivitas alat sebesar 8,49 LCM/jam/alat dibutuhkan alat angkut sebanyak 197 alat.

Kata Kunci : Lebar Jalan Angkut, Cross slope, Daya Dukung Jalan Terhadap Beban, dan Kemiringan Jalan.

A. Pendahuluan

PT Atria Swascipta Rekayasa merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *civil engineering consultancy work* yang berencana untuk membangun jalan transportasi batubara di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Dimana jalan tersebut berfungsi menghubungkan *stockpile* batubara menuju dermaga guna mempermudah kegiatan jual-beli material batubara.

Untuk itu dalam mewujudkannya konstruksi jalan perlu dilakukan perencanaan jalan transportasi, sehingga tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perencanaan maksimal jalan transportasi batubara yang sesuai dengan alat angkut.
2. Mengetahui total waktu tempuh yang dibutuhkan alat angkut di sepanjang jalan transportasi yang berjarak 28,69 km.
3. Mengetahui jumlah alat angkut berupa *dump truck* untuk mencapai target pengangkutan.

B. Tinjauan Pustaka

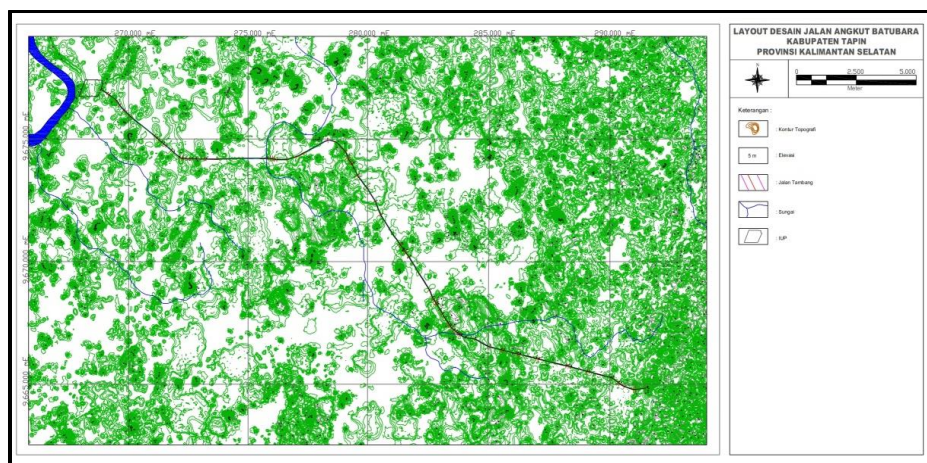
Geometri jalan harus direncanakan sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan sehingga alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman.

Lebar Jalan

Lebar jalan angkut tambang pada umumnya dibuat untuk pemakaian jalur ganda dengan lalulintas satu arah atau dua arah. Dengan semakin lebar jalan angkut maka akan semakin baik proses pengangkutan dan lalulintas menjadi aman dan lancar. Akan tetapi untuk pembuatan dan perawatan akan membutuhkan biaya yang besar.

Superelevasi

Kemampuan alat angkut untuk melewati tikungan terbatas, sehingga dalam membuat tikungan harus memperhatikan besarnya jari-jari tikungan jalan. Untuk tiap jenis *truck* mempunyai kemampuan mengatasi jari-jari tikungan yang berbeda, hal ini dikarenakan sudut penyimpangan roda depan dan belakang tiap kendaraan



Gambar 1. Peta *Layout* Jalan Transportasi Batubara

belum tentu sama.

Untuk mengatasi gaya sentrifugal yang berkerja pada alat angkut yang melewati tikungan terdapat dua cara yang bisa dilakukan. Pertama dengan mengurangi kecepatan, dan yang kedua adalah membuat kemiringan ke arah titik pusat jari-jari tikungan dan untuk ke arah terluar jari-jari tikungan elevasi dibuat lebih tinggi. Kemiringan ini berfungsi untuk menjada alat angkut tidak terguling saat melewati tikungan dengan kecepatan tertentu.

Cross Slope

Cross slope merupakan sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan angkut tambang mempunyai bentuk penampang melintang cembung. Hal ini dikarenakan bertujuan memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan, tidak berhenti dan mengumpul pada permukaan jalan. Dikarenakan apabila menggenang pada permukaan jalan akan membahayakan dan menyebabkan kecelakaan lalulintas, selain itu juga akan mempercepat kerusakan jalan.

Produktivitas Alat Angkut

Pemakaian alat dikatakan baik ketika produksi yang diharapkan dapat terpenuhi secara ekonomis. Untuk memperoleh produksi yang diinginkan terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

1. Waktu edar alat.
2. *Fill factor*.
3. Efisiensi kerja.

Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah pada sebuah konstruksi jalan merupakan faktor utama yang berperan dalam menentukan kestabilan (kekuatan) dari konstruksi jalan tersebut. Semakin besar nilai daya dukung tanah akan

semakin baik ketahanan konstruksi tersebut. Menurut Sukirman (1999), beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapis perkerasan melalui roda-roda kendaraan selanjutnya disebarkan ke lapisan-lapisan di bawahnya dan pada akhirnya diterima oleh tanah dasar.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam kegiatan pengangkutan batubara pada lokasi penelitian direncanakan akan menggunakan alat angkut berupa *Dump Truck* Hino 500 Fm 260 JD. Sehingga geometri jalan didapatkan dari perhitungan berikut :

Lebar Jalan

Berdasarkan jenis alat yang digunakan, nilai lebar kendaraan sebesar 2,45 m. Dan ditentukannya jumlah jalur sebanyak 4 jalur dengan 2 jalur datan dan 2 jalur balik, sehingga lebar jalan angkut lurus didapatkan sebesar :

$$L_{\min} = (n_{\text{jalur}} \times L_{\text{kendaraan}}) + [(n_{\text{jalur}} + 1) \times 0,5 \times L_{\text{kendaraan}}]$$

$$L_{\min} = (4 \times 2,45 \text{ m}) + [(4 + 1) \times 0,5 \times 2,45 \text{ m}]$$

$$L_{\min} = 15,925 \text{ m.}$$

Sedangkan untuk lebar jalan pada tikungan perlu mempertimbangkan sudut yang dibentuk roda depan kendaraan dengan badan truk saat melintasi tikungan. Sehingga didapatkan lebar jalan pada tikungan sebesar :

Tabel 1.Spesifikasi as Roda DT Hino 500 FM 260 JD

Parameter	Keterangan
Jarak Roda (U)	2,160 m
Jarak as Roda Depan Dengan Bagian Depan Truk (Fa)	1,930 m
Jarak as Roda Belakang Dengan Bagian Belakang Truk (Fb)	1,855 m
Sudut Penyimpangan Roda (α)	34°

Tabel 2.Perhitungan Superelevasi

Kecepatan Rencana (km/h)	Tikungan	Jari-jari Tikungan (m)		Faktor Pengkali	Jari-jari Tikungan x Faktor Pengkali			Superelevasi (°)	
		1	2		1	2	Rata-rata	Segmen	Rata-rata
40	D	187,69	183,69	127	23.836,53	23.328,16	23.582,34	0,068	0,058
	R	331,13	334,19		42.053,40	42.442,61	42.248,00	0,038	
	AC	382,16	381,59		48.534,31	48.461,78	48.498,04	0,033	
	AE	344,97	345,56		43.811,79	43.886,35	43.849,07	0,036	
	AF	408,00	409,04		51.816,19	51.947,58	51.881,89	0,031	
	AH	549,75	543,74		69.818,75	69.054,81	69.436,78	0,023	
	AJ	451,97	454,45		57.400,10	57.715,73	57.557,92	0,028	
	AM	82,09	82,04		10.425,06	10.419,11	10.422,08	0,154	
	BK	79,47	80,29		10.092,50	10.197,07	10.144,79	0,158	
	BQ	112,27	114,06		14.258,12	14.486,08	14.372,10	0,111	
	BR	547,53	548,92		69.536,73	69.713,08	69.624,91	0,023	
	BS	627,93	632,47		79.746,63	80.323,32	80.034,97	0,020	
	CE	243,45	246,98		30.918,16	31.366,31	31.142,24	0,051	
	CI	290,27	293,37		36.864,01	37.258,16	37.061,08	0,043	

$$\begin{aligned}
 F_a &= 1,93 \text{ m} \times \sin 34^\circ \\
 &= 1,08 \text{ m} \\
 F_b &= 1,855 \text{ m} \times \sin 34^\circ \\
 &= 1,04 \text{ m} \\
 C=Z &= 0,5 (U + F_a + F_b) \\
 &= 0,5 (2,16 \text{ m} + 1,08 \text{ m} + 1,04 \text{ m}) \\
 &= 2,14 \text{ m} \\
 W_{\min} &= n (U + F_a + F_b + Z) + C \\
 W_{\min} &= 4 (2,16 \text{ m} + 1,08 \text{ m} + 1,04 \text{ m} + \\
 &2,14 \text{ m}) + 2,14 \text{ m} \\
 W_{\min} &= 27,80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Superlevasi

Jari-jari tikungan mempengaruhi kecepatan kendaraan ketika melewati tikungan. Berdasarkan peta *layout* didapatkan nilai jari-jari tikungan, sehingga nilai superelevasi dapat dihitung dengan hasil sebagai berikut dan dijelaskan pada tabel 2.

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{v^2}{127 \times R} \\
 &= \frac{40^2 \text{ km/jam}}{127 \times 187,69 \text{ m}} \\
 e &= 0,068^\circ
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Perhitungan *Cross Slope*

Lebar Jalan Tikungan (m)	Faktor Pembagi	Lebar Jalan : Faktor Pembagi (m)	<i>Cross Slope</i>		
			m	cm	Rata-rata (cm)
27,80	2	13,90	0,943	94,29	81,10
			0,526	52,63	
			0,458	45,85	
			0,507	50,71	
			0,429	42,86	
			0,320	32,02	
			0,386	38,63	
			2,133	213,35	
			2,192	219,18	
			1,547	154,71	
			0,319	31,94	
			0,278	27,78	
			0,714	71,40	
0,600	60,00				

Cross Slope

Untuk menghindari jalan yang tergenang air ketika hujan makan perlu dirancangnya *cross slope*. Nilai *cross slope* didapatkan dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Cross Slope} &= \left(\frac{\text{Lebar Jalan Pada Tikungan}}{2} \right) \times \text{superelevasi} \\ &= \left(\frac{27,80 \text{ m}}{2} \right) \times 0,058^\circ \\ &= 0,943 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut ini dijelaskan perhitungan cross slope pada tabel 2.

Kecepatan Gigi Ratio

Berdasarkan spesifikasi mesin truk maka untuk kecepatan gigi didapatkan dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} V &= (\text{Torq}_{\text{mesin}} : \text{gigi ratio} : \text{final gigi}) \times \left(2 \times \frac{22}{7} \times r_{\text{roda}} \right) \times 60 \text{ menit} \\ V &= (1.500 \text{ rpm} : 8,829 : 6,428) \times \left(2 \times \frac{22}{7} \times 55,88 \right) \times 60 \text{ menit} \\ V &= 557.014,06 \text{ cm/h atau } 5,57 \text{ km/h} \end{aligned}$$

Tabel 4. Perhitungan Gigi Ratio

Gigi	Rasio	km/H
1	8,829	5,57
2	6,281	7,83
3	4,644	10,59
4	3,478	14,14
5	2,538	19,38
6	1,806	27,23
7	1,335	36,84
8	1,000	49,18
Mundur	12,040	4,08

Efisiensi Mesin

Setiap kendaraan memiliki nilai efisiensi mesin yang berbeda berdasarkan lokasi kendaraan tersebut digunakan. Untuk mendapatkan nilai efisiensi mesin dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Tekanan Efektif

$$\begin{aligned} P_e &= \frac{HP \times 60 \times 75 \times 2}{\frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times i \times n} \\ P_e &= \frac{260 \text{ HP} \times 60 \times 75 \times 2}{\frac{\pi}{4} \times 11,2^2 \text{ cm} \times 0,13 \text{ m} \times 6 \times 2.500 \text{ rpm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_e &= 3,48 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Dimana : } D &= \text{Diameter silinder (cm)} \\ L &= \text{Panjang silinder (m)} \\ i &= \text{Jumlah silinder} \\ n &= \text{Putaran maksimal (rpm)} \end{aligned}$$

2. Volume Silinder

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \\ V_s &= \frac{\pi}{4} \times 11,2^2 \text{ cm} \times 13 \text{ cm} \\ V_s &= 1.281,28 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= r \sim V_1 = V_2 \times r \\ V_1 &= 17V_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 + V_s \\ 17V_2 &= V_2 + 1.281,28 \text{ cm}^3 \\ 17V_2 - V_2 &= 1.281,28 \text{ cm}^3 \\ 16V_2 &= 1.281,28 \text{ cm}^3 \\ V_2 &= \frac{1.281,28 \text{ cm}^3}{16} \\ V_2 &= 80,08 \text{ cm}^3 \\ V_1 &= V_2 + V_s \\ V_1 &= 80,08 \text{ cm}^3 + 1.281,28 \text{ cm}^3 \\ V_1 &= 1.361,36 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

3. Suhu Silinder

Lokasi penelitian yang berada pada ketinggian di bawah 1.000 ftdpl memiliki tekanan barometer sebesar 29,92 InHg (Partanto Prodjosumarto, 1993), sehingga nilai suhu silinder didapatkan sebesar :

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{P_1} &= \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k \\ P_2 &= P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k \\ P_2 &= 1,03 \text{ kg/cm}^2 \left(\frac{1.361,36 \text{ cm}^3}{80,08 \text{ cm}^3} \right)^{1,4} \\ P_2 &= 54,38 \text{ kg/cm}^2 \\ T_2 &= T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/1,4} \\ T_2 &= 303 \text{ K} \\ &= \left(\frac{54,38 \text{ kg/cm}^2}{1,03 \text{ kg/cm}^2} \right)^{1,4-1/1,4} \\ T_2 &= 942,33 \text{ K} \end{aligned}$$

Tabel 5. Rimpull yang Dihasilkan Tiap Percepatan

Gigi	Ratio	Mph	Efisiensi Mesin	HP	Rimpull (lbs)
1	8,829	3,46	0,6785	260	27.554,08
2	6,281	4,87	0,6785	260	19.113,37
3	4,644	6,58	0,6785	260	13.597,36
4	3,478	8,79	0,6785	260	10.053,52
5	2,538	12,04	0,6785	260	7.529,31
6	1,806	16,92	0,6785	260	5.494,36
7	1,335	22,89	0,6785	260	2.164,84
8	1,000	30,56	0,6785	260	2.164,84
Mundur	12,040	2,54	0,9239	260	26.064,67

4. Suhu Maksimal dan Tekanan Maksimal

Mesin memiliki nilai kalor sebesar 1.000 kkal/kg dan koefisien tekanan sebesar 0,24, maka nilai suhu maksimal dan tekanan maksimal dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= C_p (T_3 - T_2) \\
 1.000 &= 0,24 (T_3 - 942,33 \text{ K}) \\
 1.000 &= 0,24 T_3 - 226,1592 \text{ K} \\
 T_3 &= \frac{1.000 + 226,1592 \text{ K}}{0,24} \\
 T_3 &= 5.109 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Untuk $P_3 \sim P_2 = 54,51 \text{ kg/cm}^2$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2}$$

$$V_3 = V_2 \left(\frac{T_3}{T_2} \right)$$

$$V_3 = 80,08 \text{ cm}^3 \left(\frac{5.109 \text{ K}}{942,33 \text{ K}} \right)$$

$$V_3 = 434,16 \text{ cm}^3$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^k$$

$$T_4 = T_1 \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^k$$

$$T_4 = 303 \text{ K} \left(\frac{434,16 \text{ cm}^3}{80,08 \text{ cm}^3} \right)^{1,4}$$

$$T_4 = 1.642,26 \text{ K}$$

5. Efisiensi Mesin

$$\begin{aligned}
 \Pi_{\text{oth}} &= 1 - \frac{T_4 - T_1}{K (T_3 - T_2)} \\
 &= 1 - \frac{1.642,26 \text{ K} - 303 \text{ K}}{1,4 (5.109 \text{ K} - 942,33 \text{ K})} \\
 &= 0,6785
 \end{aligned}$$

$$e_m = \Pi_{\text{oth}} \times 100\%$$

$$e_m = 0,6785 \times 100\%$$

$$= 67,85 \%$$

Rimpull

Dalam kegiatan pengangkutan

alat angkut memiliki tahanan yang terdiri dari tahanan gulir, tahanan percepatan, dan tahanan kemiringan. Dimana nilai tahanan tersebut ditotalkan sehingga didapatkan nilai *rimpull*. *Rimpull* akan mempengaruhi penggunaan gigi pada kendaraan pada tiap segmen jalan.

1. Rimpull yang Tersedia

Untuk mengetahui nilai *rimpull* yang dihasilkan tiap percepatan dilakukan perhitungan sebagai berikut dengan penjelasan tabel 5.

$$\begin{aligned}
 RP_1 &= \frac{375 \times HP \times e_{\text{mesin}}}{V} \\
 RP_1 &= \frac{375 \times 260 \times 67,85\%}{3,46 \text{ mph}} \\
 RP_1 &= 19.119,58 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

2. Rimpull Kondisi Muatan

Rimpul untuk mengatasi tanjakan (GR) misal (kemiringan = $\alpha\%$)

6,981 ton x 20 lb/ton/%kemiringan = (139,62 x $\alpha\%$ kemiringan) lb

Rimpul untuk mengatasi tahanan gulir (RR)

6,981 ton x 100 lb/ton = 698,1 lb

Rimpul untuk mengatasi percepatan (AR)

6,981 ton x 20 lb/ton = 139,62 lb

Total rimpull yang diperlukan (139,62 x $\alpha\%$) + 698,1 lb + 139,62 lb

3. Rimpull Kondisi Kosong

Rimpul untuk mengatasi tanjakan (GR) misal (kemiringan = $a\%$)

26 ton x 20 lb/ton/%kemiringan = (520 x $a\%$ kemiringan) lb

Rimpul untuk mengatasi tahanan gulir (RR)
 26 ton x 100 lb/ton = 2.600 lb
 Rimpul untuk mengatasi percepatan (AR)
 26 ton x 20 lb/ton = 520 lb
 Total rimpull yang diperlukan
 (520 x a%) + 2.600 lb + 520 lb

Waktu Tempuh

Waktu tempuh baik kondisi kosong ataupun bermuatan didapatkan dari perhitungan sebagai berikut :

$$t = \frac{\text{Jarak Datar (km)}}{\text{Kecepatan (km/jam)}}$$

$$t = \frac{0,30 \text{ km}}{30 \text{ km/s}}$$

$$t = 0,01 \text{ jam atau } 0,60 \text{ menit}$$

Pada tiap segmen jalan ditentukan kecepatan maksimal dimana *range* kecepatan tiap segmen adalah 25 km/jam hingga 40 km/jam. Penentuan kecepatan berdasarkan jarak tiap segmen dan penggunaan gigi pada tiap segmen, sehingga dengan total jarak 28,69 km dapat ditempuh dengan waktu 102,15 menit atau 1 jam 42 menit 9 detik.

Produktivitas Alat dan Jumlah Alat

Untuk kegiatan pemuatan digunakannya alat *Excavator* Komatsu PC 300-7 dengan jumlah pemuatan sebanyak :

$$n_{\text{pemuatan}} = \frac{\text{Kapasitas Dump Truck}}{(\text{Kapasitas Bucket} \times \text{Fill Factor})}$$

$$n_{\text{pemuatan}} = \frac{20}{(1,8 \times 84\%)}$$

$$n_{\text{pemuatan}} = 13,23 \sim 14 \text{ pemuatan}$$

Sehingga produktivitas alat angkut sebesar :

$$P_a = \frac{e_a \times 60 \times (n_{\text{pemuatan}} \times H_m \times FF)}{CT_a}$$

$$P_a = \frac{70\% \times 60 \times (14 \times 1,8 \times 84\%)}{102,15}$$

$$P_a = 8,49 \text{ LCM/jam/alat}$$

Dengan begitu untuk kebutuhan alat didapatkan sebanyak :

$$n = \frac{\text{Target Produksi}}{\text{Produktivitas}}$$

$$n = \frac{1.644,86 \text{ LCM/jam}}{8,49 \frac{\text{LCM}}{\text{jam}}/\text{alat}}$$

$$n = 197 \text{ alat}$$

Desain Tebal Perkerasan Jalan dan

Desain tebal perkerasan jalan yang dilakukan berdasarkan metode Bina Marga 2002. Dengan jumlah kendaraan sebanyak 197 dan frekuensi ritase 5 ritase/hari maka *Initial Daily Traffic* (IDT) didapatkan sebesar 197 x 5 = 985. Kemudian diasumsikan bahwa pada jalan tambang memiliki *traffic growth* sebesar 1% dikarenakan pada jalan tambang terbatasnya kendaraan yang melintas. Dan dengan umur rencana selama 10 tahun maka *Average Daily Traffic* (ADT), sebesar :

$$ADT_{10\text{tahun}} = IDT (1+i)^{ur}$$

$$= 985 (1+ 1\%)^{10}$$

$$= 1.088,05$$

Berat kendaraan juga perlu diperhitungkan pada desain tebal perkerasan jalan.

Tabel 6.Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lbs	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1.000	1.105	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11.023	0,1410	0,0121
6.000	13.228	0,2923	0,0251
7.000	15.432	0,5425	0,0466
8.000	17.637	0,9238	0,0794

Sumber: SNI11732, 1989

$$TEF = \text{Ekdepan} + 0,086$$

$$((\text{Wroda belakang})/8.160)^4$$

$$= 0,2923 +$$

$$0,086(20.000/8.160)^4$$

$$= 3,40$$

Jalan yang akan dikonstruksikan memiliki jumlah jalur sebanyak 4 dengan 2 arah memiliki koefisien distribusi kendaraan sebesar 0,45. Sehingga didapatkan nilai *Daily Traffic Number* (ITN), *Final Design Number* (FDTN), *Middle Design Traffic Number* (MDTN) dan *Computation of Design Traffic Number* (DTN).

Tabel 7. Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	-	0,30	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber: SNI1732, 1989

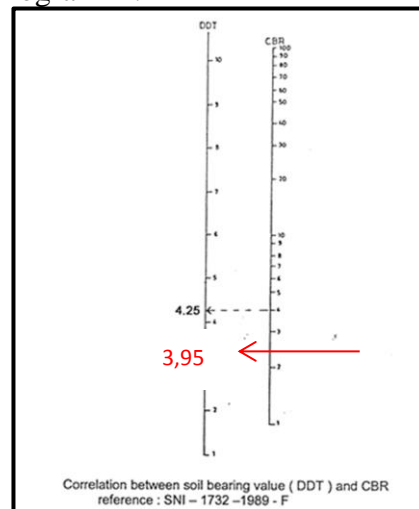
$$\begin{aligned}
 ITN &= IDT \times C \times TEF \\
 ITN &= 985 \times 0,45 \times 3,40 \\
 ITN &= 1.505,21 \\
 FDTN &= ADT \times C \times TEF \\
 FDTN &= 1.088,05 \times 0,45 \times 3,40 \\
 FDTN &= 1.662,69 \\
 MDTN &= (ITN + FDTN)/2 \\
 MDTN &= (1.505,21 + 1.662,69)/2 \\
 MDTN &= 1.583,95 \\
 DTN &= MDTN \times \frac{Life\ Time}{10} \\
 DTN &= 1.583,95 \times \frac{10}{10} \\
 DTN &= 1.583,95
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk menentukan daya dukung tanah dasar digunakannya grafik kolerasi DDT dan CBR (SNI-1732-1989-F), sehingga nilai DDT didapatkan sebesar 3,95. Setelah itu dihitungnya % berat kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ of heavy vechile} &= \frac{IDT \text{ Kendaraan Berat}}{\text{Total Jumlah Kendaraan}} \times 100\% \\
 \% \text{ of heavy vechile} &= \frac{(985/985) \times 100\%}{100\%} \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Kemudian berdasarkan curah hujan per tahun, % berat kendaraan dan kelandaian jalan, didapatkan nilai faktor regional sebesar 1,0-1,5. Akan tetapi karena kondisi yang akan dikonstruksikan berupa tanah rawa maka nilai FR ditambah sebesar 1,0. Sehingga nilai faktor regional sebesar 2,0 - 2,5.

Untuk lapisan permukaan perkerasan jalan tambang ini direncanakan dengan material lapisan batu dua lapis atau disebut BURDA (Leburan Batu Dua Lapis). Dimana material burda memiliki index permukaan awal (IPO) berkisar 3,5 – 3,9. Sedangkan untuk nilai IPT dikarenakan nilai LER sebesar 1.583,95 dan klasifikasi berupa jalan kolektor maka nilai IPT sebesar 2,0-2,5. Berdasarkan nilai IPO dan IPT maka nomogram yang digunakan adalah nomogram 4.



Sumber : Anonim, 2017

Gambar 1. Grafik Hubungan Antara DDT dan CBR

Tabel 8. Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	Kelandaian I (<u><6</u> %)		Kelandaian II (6-10 %)		Kelandaian III (>10 %)	
	≤30 %	>30 %	≤30 %	>30 %	≤30 %	>30 %
Kendaraan Berat	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0
Kendaraan Berat	-	1,5	-	2,0	-	2,5
Kendaraan Berat	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5
Kendaraan Berat	1,5	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5

Sumber : SNI1732, 1989

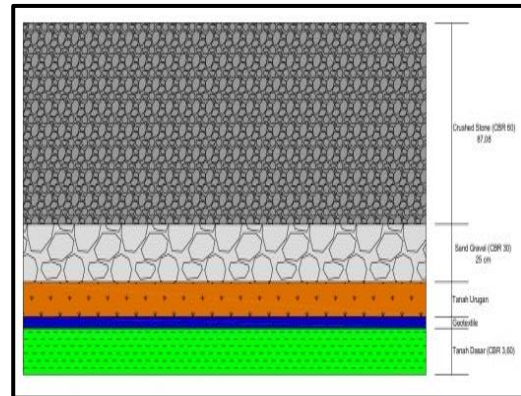
Dengan nilai DDT sebesar 3,95, FR sebesar 2,0-2,5 dan DTN atau LER sebesar 1.583,95 maka didapatkan nilai ITP dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam nomogram 2 dan 4. Berdasarkan nilai ITP dan dapat nilai koefisien lapisan yang berdasarkan tabel *Layer Coefficient of Relative Strength of Material* (SNI 732,1989) dan nilai tebal minimum lapisan dasar pada tabel *Tebal Minimum Lapisan Base Course* (SNI 732, 1989), maka tebal perkerasan untuk lapisan dasar atas yang menggunakan material *crushed stone* kelas C, CBR 60 didapatkan sebagai berikut :

$$ITP = (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3)$$

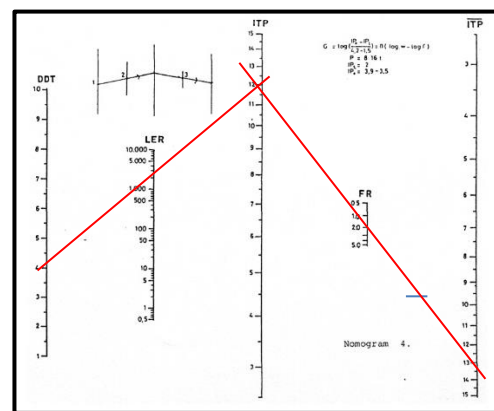
$$13,2 = (0,12 \times D_2) + (0,11 \times 25)$$

$$D_2 = (13,2 - 2,75) / 0,12$$

$$= 87,08 \text{ cm.}$$



Gambar 2. Desain Tebal Perkerasan Jalan



Sumber : SNI 1732, 1989.

Gambar 3. Grafik Hubungan Antara DDT, LER, FR dan ITP (Nomogram 4, FR 2,0)

Daya Dukung Jalan

Jadi jalan angkut yang dirancang dapat menahan beban yang didistribusikan pada permukaan jalan sebesar 16.001,28 psf dan dikonversikan menjadi 78.12509,12 kg/m² atau 7,81 kg/cm². Tanah dasar yang ada di lokasi penelitian adalah tanah lempung, pasir dan gambut. Berdasarkan kajian pengerasan material yang digunakan dalam perkerasan jalan adalah matras kayu, geotekstil, tanah urugan, batu diameter 10-20 cm dan lapisan paling atas yang berupa kerikil 3/7, maka dapat diklasifikasikan bahwa material daya dukung tanah untuk jalan angkut termasuk dalam kategori (batu kerikil kompak dan formasi bongkah kerikil; kerikil pasiran sangat kompak)

yang memiliki daya dukung tanah sebesar 20 x 1000 psf = 20.000 psf atau setara dengan 97.648,55 kg/m² atau 9,77 kg/cm². Dengan nilai daya dukung material sebesar itu maka dapat menahan beban yang didistribusikan sebesar 16.000 psf atau 7,81 kg/cm².

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil perencanaan dan perancangan jalan angkut dengan alat angkut *Hino 500 FM 260 JD* didapatkan nilai lebar minimum jalan lurus sebesar 15,93 meter, lebar minimum jalan tikungan sebesar 27,80 meter, superelevasi berkisar 0,015° – 0,091°, kemiringan melintang (*Cross slope*) jalan angkut 20,27 cm – 126,71 cm, daya dukung jalan didapatkan sebesar 20.000 psf atau 9,77 kg/cm² dan tebal lapisan perkerasan untuk pondasi atas minimum sebesar 87,08 cm, tebal lapisan pondasi bawah minimum sebesar 25 cm.
2. Total waktu tempuh *dump truck Hino 500 FM 260 JD* dengan jarak 28,69 km dan kecepatan maksimum 40 km/jam sebesar 102,15 menit atau 1 jam 42 menit 9 detik.
3. Alat yang dibutuhkan dengan target produksi sebesar 1.664,86 LCM/jam adalah 197 unit *dump truck*.

Daftar Pustaka

Anonim. 1986. *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of

State Highway and Transportation Officials. United States of America.

Anonim. 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya*

Dengan Metode Analisa Komponen. Yayasan Badan Penerbit PU. Jakarta.

Anonim. 1990. *Perencanaan Geometrik Jalan*. Bina Marga. Jakarta

Demara, Anton Asri. 2017. *Evaluasi Jalan Angkut Dari Kilometer 21+400 Meter*

Sampai Dengan Kilometer 24+400 Meter Pada Penambangan Nikel. Universitas Islam Bandung. Bandung

Dinata, Doni Ikrar. 2017. *Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode*

Analisa Komponen Dari Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1993 Menggunakan Program Kenpave. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

Mamari, Roy Laban P. 2017. *Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya*

Dengan Standar Bina Marga Pada Ruas Jalan Sentani-Warumbain KM 41+000-KM61+000 (20 KM). Institut Teknologi Nasional. Malang.

Prodjosumarto P, Partanto. 1993. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Institut Teknologi Bandung.

Sukirman, Silvia. 1999. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. NOVA. Bandung

Suwandhi, Awang. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang*. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta.